第Ⅱ卷



技术史

A HISTORY OF TECHNOLOGY

主编 [英]查尔斯·辛格 E.J.霍姆亚德 A.R.霍尔 特雷弗·I.威廉斯
主译 潜伟

地中海文明与中世纪

c. 700 B.C.—c. A.D. 1500

中国工人出版社

第 I 卷	远古至古代帝国衰落 史前至约公元前 500 年	含 36 幅图版，589 幅正文插图
第 II 卷	地中海文明与中世纪 约公元前 700 年至约公元 1500 年	含 44 幅图版，705 幅正文插图
第 III 卷	文艺复兴至工业革命 约 1500 年至约 1750 年	含 32 幅图版，439 幅正文插图
第 IV 卷	工业革命 约 1750 年至约 1850 年	含 48 幅图版，365 幅正文插图
第 V 卷	19 世纪下半叶 约 1850 年至约 1900 年	含 44 幅图版，439 幅正文插图
第 VI 卷	20 世纪 上 约 1900 年至约 1950 年	含 151 幅正文插图
第 VII 卷	20 世纪 下 约 1900 年至约 1950 年	含 329 幅正文插图
第 VIII 卷	综合索引	

这八卷著作构成了一座学识纪念碑。
《自然》(*Nature*)

这是关于技术史的明晰的、权威的资料来源。
《医学史》(*Medical History*)

对技术专家、历史学家、科学家以及普通的读者而言，这是他们学习和激发兴趣的取之不尽的源泉……作为对人类文化之技术方面的完整认识，本书是宏伟的、卓然超群的。
《物理学与技术》(*Physics and Technology*)

整部著作在可预见的未来仍将是对这一主题的最全面的处理，对任何学术图书馆或公共图书馆都是不可或缺的。
《美国历史评论》(*American Historical Review*)

万川
reflections

中国工人出版社微信公众号



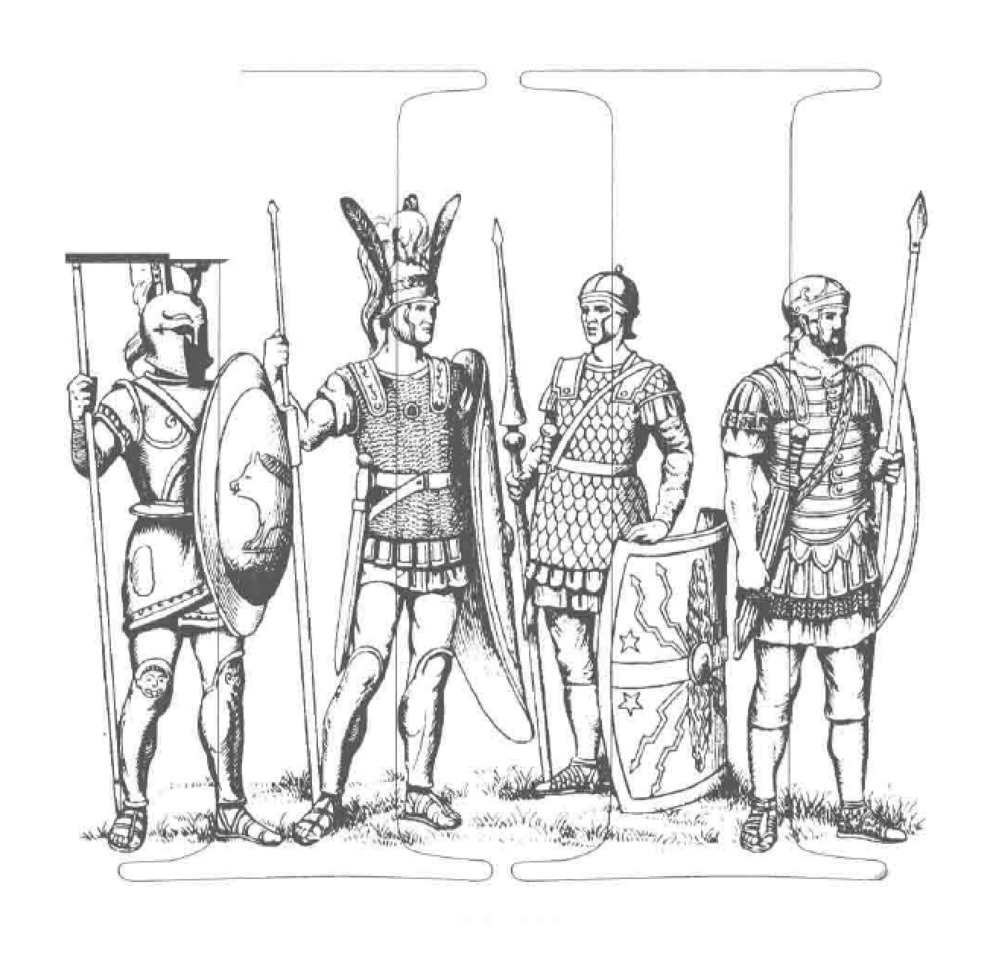

第II卷

上架建议：科技 / 历史
ISBN 978-7-5008-7156-9





ISBN 978-7-5008-7156-9/N·12
定价：248.00 元



技术史

A HISTORY OF TECHNOLOGY

主 编 【英】查尔斯·辛格 E. J. 霍姆亚德 A. R. 霍尔 特雷弗·I. 威廉斯

主译 潜伟

第Ⅱ卷

地中海文明与中世纪

c. 700 B.C.–*c.* A.D. 1500

中国工人出版社

图书在版编目（CIP）数据

技术史. 第Ⅱ卷，地中海文明与中世纪 /（英）查尔斯·辛格等主编；潜伟主译. —北京：中国工人出版社，2020.9

（牛津《技术史》）

书名原文: A History of Technology

Volume Ⅱ: The Mediterranean Civilizations and the Middle Ages *c.* 700 B.C. to *c.* A.D. 1500

ISBN 978-7-5008-7156-9

Ⅰ. ①技… Ⅱ. ①查… ②潜… Ⅲ. ①科学技术—技术史—世界—中世纪 Ⅳ. ①N091

中国版本图书馆CIP数据核字（2020）第128677号

技术史 第Ⅱ卷：地中海文明与中世纪

出 版 人　王娇萍
责任编辑　邢　璐
责任印制　栾征宇
出版发行　中国工人出版社
地　　址　北京市东城区鼓楼外大街45号　邮编：100120
网　　址　http://www.wp-china.com
电　　话　（010）62005043（总编室）（010）62005039（印制管理中心）
　　　　　（010）62004005（万川文化项目组）
发行热线　（010）62005996　82029051
经　　销　各地书店
印　　刷　北京盛通印刷股份有限公司
开　　本　880毫米×1230毫米　1/32
印　　张　29.5　　　插页　48
字　　数　850千字
版　　次　2021年6月第1版　2021年6月第1次印刷
定　　价　248.00元

本书如有破损、缺页、装订错误，请与本社印制管理中心联系更换

著作权合同登记号：图字01-2018-3852

ISBN 978-7-5008-7156-9

《技术史》编译委员会

出版人

王娇萍

策　划

董　宽

特约策划

潘　涛　姜文良

统　筹

董　虹

版　权

邢　璐

责任编辑

左　鹏　邢　璐　董　虹　罗荣波

李　丹　习艳群　宋　杨　金　伟

审　校

安　静　王学良　李素素　葛忠雨　黄冰凌

李思妍　王子杰　王晨轩　李　骁　陈晓辰

特约审订

潘　涛

第Ⅱ卷主要译校者

王金华 朱　霞 吕科伟 孙雍君 宋　琳
杨军昌 李延祥 李晓岑 宋玲平 张雪荣
周　华 武　玮 林怡娴 黄　维 黄晓娟
梁宏刚 彭益君 谢鹏飞 潜　伟 颜　锋
（以姓氏笔画为序）

第Ⅱ卷前言

为完成本书第Ⅰ卷，作者们必然几乎完全依赖考古发掘获取的证据。实际上，这也是第Ⅰ卷所涉及时期内关于工具使用和物品来源及性质的唯一可资利用的信息。虽然古代帝国也拥有它们的文献，但迄今能得到的零碎的片段只包含极少量技术方法（technical methods）方面的记载。

本书第Ⅱ卷论述的是地中海古典文明以及兴起于未开化欧洲特别是西北欧的文化，后者的技术从地中海技术发展而来，这就像地中海文明的技术延续了古代帝国的一样。就本卷涉及的年代和地区而言，可供利用的当时的文献资料要比第Ⅰ卷多得多，但作者仍需主要依赖考古学上的发现，尽管随着世纪的更替，依赖程度持续下降。对于第Ⅱ卷，尤其是对第Ⅲ卷，尽管具有专门技术性质的著作相对较少，且文字资料依然相当庞杂，但能够称得上具有一定科学性的内容，开始在文献和工艺论述中有迹可循。不过，科学仍未在其中占有独立的地位并被重视——这还要等到16世纪。在技术获得正规的学术和教育地位之前，还有很长的路要走。就第Ⅱ卷和第Ⅲ卷而言，技术讲授（technological instruction）主要并几乎全部是一种师徒传承关系。

虽然文字资料的大量增加并趋于完备，使得历史学家的任务变得越来越不那么错综复杂，但与此同时，要在现存的日益增长的大

量实物中作出选择，也是异常繁重的任务。在编写工作推进的同时，这个选择问题也越来越复杂。要完成一部世界技术史（a world history of technology），五卷的篇幅实在显得远不够大，合格的作者也不够多。因此，我们只能尝试着改述欧洲的技术——19世纪的新大陆跟它是并驾齐驱的，因为第Ⅲ、第Ⅳ、第Ⅴ卷覆盖的时期要比任何其他时期都更先进和更富有进取性。不过，对于第Ⅱ卷所论述时期中的较早期部分，远东（或许包括近东）的技术要比西方的更加先进。尽管这样，vi我们还是被迫几乎舍弃了这些东方的成就，原因是篇幅有限和缺乏作者。到目前为止，最好是把本卷看成是对以后几卷中展现的西欧上升中的技术霸权（technical supremacy）的初步调研。

我们必须提醒读者注意，这几卷里的年代架构并不十分严谨。要想用对待部落和帝国的政治史那般人们熟悉的形式，把技术的不同分支按年代顺序排列是根本无法做到的。每种技术都根据特定经济需求、社会条件或本地机遇而发展起来，某项技术或许会部分地决定这些需求、条件和机遇，或是反过来被它们所决定。情况还会因各项技术间的相互关系而进一步复杂化，而且大部分技术一直反复地被和平与战争交替变化的需求所引领或转向。

本书主要尝试采用人为而不是非逻辑性的选择方法，以阐明提供物质享受的各种活动，并展示出这些活动如何兴起、发展和相互依赖。这主要跟工艺、技巧和设备的特征和演化有关，即只注重技术本身（technology proper）而非其社会和经济的反响。这种选择性处理至少是一种暂时的需要，虽然编纂本书的一个目的是为社会历史学家（social historians）提供有益的材料，但我们并不打算对技术进步（technological progress）对社会所起的作用进行评价。因此，这几卷著作或许在本质上仅仅是历史记载而非严格意义上的历史。看来，只有等到相关事件都恰当地得到整理之后，才能写出真正的历史来。这些工作全部完成后，这部《技术史》将为西方技术（western technology）

的发展提供相当全面的述评。

必须提一下这部著作里的地图。第Ⅰ卷与遍布于近东和欧洲的大量考古发现有关。这些遗址虽然已广为考古学家们所知，但其中的大部分并未出现在常用的地图上，普通读者难以找到它们。因此，我们认为有必要增加一些能表示出这些遗址所在位置的地图。类似的困难很少在本卷中出现，在以后诸卷中则根本不会出现。有关贸易路线、矿区等的特殊地图则仍在需要之列。

vii

我们的编辑人员有些变动。汤姆生（R. H. G. Thomson）先生和唐纳森（J. M. Donaldson）夫人都已离开，我们借此机会对他们所做的工作表示感谢。克洛（A. Clow）夫人现已成为我们编辑部的一员。我们还要在此向短时间跟我们相处的海曼（H. Heimann）博士和穆尔（Judith Moore）小姐致意。

编者必须再次向其他一些工作人员表示感谢，他们是哈里森（E. Harrison）女士、皮尔（D. A. Peel）夫人和佩蒂（J. R. Petty）小姐。他们的工作，尤其是他们对一些细节问题的密切关注，极大地减轻了编者的工作。我们还要感谢克拉仑登出版社（Clarendon Press）在一些相关的作品问题上的细致考虑，尤其要感谢戈斯林（B. G. Gosling）先生对这部《技术史》给予的极大关心。

埃克斯（Wallace Akers）爵士于1954年的去世，对我们来说是一个无可弥补的损失。他从一开始就对这项工作怀有最强烈的个人兴趣，并关心它进展中的每一个细节，包括仔细阅读许多校样。我们曾寄予厚望的斯科特（Lindsay Scott）爵士也在第Ⅰ卷出版前去世。在本卷的撰稿人当中，地质博物馆和地质调查所的布罗姆黑德（Bromehead）先生在刚完成有关采矿的稿件后不幸去世，故而没有机会对自己的校样进行校订。科学博物馆馆长泰勒（Sherwood Taylor）博士跟我们的一位编者合作撰写了本卷中的一篇文章，他在1956年1月去世前审阅了图版和插图的校样。

在编纂本卷的过程中，我们接受了许多有益的指导和忠告。我们要特别感谢帝国化学工业有限公司总裁沃博伊斯（W. J. Worboys）先生，他与埃克斯爵士和克朗肖（C. J. T. Cronshaw）博士一起，都是本书出版计划的最初倡议者。帝国化学工业有限公司有见地和持续不断的慷慨付出，正在使这几卷书的出版成为可能，并使其全部完成指日可待。沃博伊斯先生的理解和热情一直是对我们大家的激励和鼓舞。

在编辑工作上，我们得到的有益建议非常多，在此难以一一致谢，但我们必须在本卷问世之时向以下诸位表达谢意。他们是：柴尔德（V. Gordon Childe）教授、克劳福德（O. G. S. Crawford）博士、福布斯（R. J. Forbes）教授、古尔（Mahmud A. Ghul）先生、李约瑟（Joseph Needham）博士、波斯坦（M. M. Postan）教授、罗林斯（F. I. G. Rawlins）先生、赖斯（D. Talbot Rice）教授、斯肯普顿（A. W. Skempton）教授、泰勒（E. G. R. Taylor）教授，以及惠勒（Mortimer Wheeler）爵士。

viii 对于第Ⅰ卷，许多图书馆的高管给予了我们非常宝贵的帮助。我们特别要提到的是大英博物馆、伦敦图书馆、专利局、科学博物馆图书馆和沃伯格研究所的诸位同仁。关于插图制作，我们仍主要依靠伍德尔（D. E. Woodall）先生，其他还应提到的协助我们的艺术家有格里夫斯（Thomas A. Greeves）先生和罗兰（K. F. Rowland）先生。本卷中的地图，几乎全部是霍拉宾（J. F. Horrabin）先生的作品。索引则仍由伯比奇（P. G. Burbidge）先生编制。

查尔斯·辛格（Charles Singer）
E. J. 霍姆亚德（E. J. Holmyard）
A. R. 霍尔（A. R. Hall）
特雷弗·I. 威廉斯（Trevor I. Williams）

历史注释

A. R. 霍尔（A. R. HALL）

li

本卷技术史所属的时期，始于希腊城邦从迈锡尼文明的废墟上崛起，止于近代欧洲民族国家的自我意识逐渐形成之时。在这横亘2000年的岁月里，文明与政治统治向西的延伸，与古代近东帝国将它所拥有的技术优势（technical superiority）通过希腊—罗马世界向西方未开化民族的传播相类似。这一伟大的技术传统（technical tradition）的连贯性也许在一些非常精巧的工艺中（第8章、第9章、第13章）表现得最为清晰，而且通过四种重要的途径得到了进一步的丰富。到了大约10世纪，当欧洲文明在罗马帝国崩溃后开始顺利重建时，它已经汲取了很多源于希腊工艺和少量源于罗马工艺的元素，其中还融入了不少日耳曼部落作出的改进。10世纪后，那些重要的创新皆自远东而来，而中世纪的欧洲本身也进入了一个技术发明几乎不曾中断的时期。

要在本卷有限的篇幅内描述这段历史的整个进程，显然是一件不可能的事情。在这期间，凯尔特人和日耳曼人成了古希腊人的间接继承人，外来的远东文明和基督教文明之间的交流充满曲折且经常被中断，地中海世界的工艺、物品、思想却跨过了不可调和的信仰所产生的障碍。为了充分了解那些来自于埃及、美索不达米亚、希腊的古代学识和手工艺在中世纪末如何演变成欧洲文明，就必须要了解宗教史、

政治史和经济史。边码 lv—lix 的年表提供了这些其他历史分支中事件的时间关系的一些“指针”，它们也许有助于阐明那些在本卷正文中无法全面解释的暗示。至于更完整的历史背景，可以方便地从公共图书馆里的著名作品中检索到。

如果我们从欧洲的视角来看这 2000 年的历史，主要的阶段就清晰地呈现出来了。第一阶段是辉煌的希腊时期（表 1）。当西欧各部落——甚至拉丁语系民族——还在缓慢地经历铁器时代，作为米诺斯文明的继承者，希腊人已经从联系密切的新月沃地和埃及更古老的文化中受益甚多。lii 挫败了波斯帝国的猛攻后，他们在城邦中建立起自己的政治和社会组织，并在公元前 5—前 4 世纪时达到成熟。此时的雅典人显示出对艺术和思想的最高鉴赏力，充分而有意识的政治经验，以及一个富足而又复杂的社会对贸易和生产的依赖。

希腊技术、希腊文明各方面的知识，主要通过三条途径传播。首先，亚历山大帝国结束了众多小国家之间无休止的战争状态，将希腊文化带到了波斯和印度河流域。其次，野蛮部落的土著们出于炫耀的目的，将希腊的产品带到了多瑙河流域甚至波罗的海沿岸。最后，希腊人迫于多山国土的持续经济压力，迁徙到西地中海沿岸的殖民地，并模仿腓尼基人建立了一些延续至今的贸易路线。

但是，对于大多数欧洲国家来说，希腊文明并非直接传播而来，而是通过罗马帝国征服带来的。在这个生于西方、亡于东方的大帝国的兴衰史中（表 1 和表 2），技术发展史再一次成为一个很重要的因素。罗马靠强大的军队强盛起来，当这支军队再也无法防守漫长的边境时，帝国也就没落了。直到公元前 2 世纪，拉丁语系部落的侵略精神仍然弥漫在意大利半岛。在那里，他们吸收了希腊和后来被他们征服的伊特鲁里亚城市的文化。与此同时，大约在公元前 140 年，罗马将其势力扩大到希腊及北非和西班牙的迦太基人统治区。从那以后，无敌的罗马军团进入埃及、近东、高卢、不列颠，直至莱茵河与多瑙河下游

的日耳曼地区。

这就形成了一个统一而广袤的地区，那里的人和物品的流动相当自由，无论是在泰晤士河、台伯河还是在底格里斯河，居民们都有某种起码的文化共性。这种文化强大而丰富，影响远远超出其政治领地，到达了斯堪的纳维亚和印度南部。在罗马帝国统治时期，西方学者对这些遥远地区比其他任何时期都更为熟悉，这种情况直到相当近期才有所变化（见第 22 章“结语”）。原本简朴的罗马市民开始享受他们英勇作战的果实，对自己文明中没有的原创艺术，他们就从俘获的已成为其奴隶的希腊人那里借用。通过罗马无所不在的政治统治，希腊文明虽有不同程度的稀释和贬值，但仍然有相当一部分被传播到了文明世界的大部分地区，以及从前被当作蛮荒之地的大部分欧洲地区，甚至在罗马帝国边境之外的部落也被部分希腊化了。尽管在帝国内外存在着巨大商机，罗马和其他大城市以及帝国军队存在着巨大的消费需求，但这里并没有发生“产业革命”。这与其说是技术原因，还不如说是社会原因。不过，技术的不足至少是导致 3 世纪经济崩溃的部分原因。对罗马人来说，生活更多地依赖于繁重的体力劳动，而较少地依赖于昂贵的精巧手工。

到 3 世纪，罗马帝国已经在经济上、政治上、军事上都失败了，富有侵略性的、外向的拉丁语系民族已经信服希腊的精巧和东方的宗教。无论是戴克里先（Diocletian）还是君士坦丁（Constantine），都难以恢复那种古代的辉煌。第三阶段的历史始于第一批野蛮民族——哥特人和汪达尔人——的涌入，止于最后一支野蛮民族——古斯堪的纳维亚人——的入侵。然而，无论在人种上有多少更迭，希腊文明的血脉依然一息尚存。拉丁语仍然是西方宗教和做学问的语言，罗马教会的精神领袖地位是西方文明最大的统一因素。随着查理大帝（Charlemagne）在 800 年的圣诞节加冕，他完成了一个延续不断的理想，建立一个西方基督教帝国，实现欧洲大陆的政治文化统一。在东

方，拜占庭的希腊人在1453年之前一直维持着可观却日渐式微的罗马帝国残余，一个因其自身利益、宗教和语言而与西方分裂的残余。不过，无论如何这是一个重要的过渡，因为正是通过拜占庭，才使过去的那些技术和学术的传统又部分地回到了欧洲。

第三阶段（表3）紧挨着后罗马时期，它缺乏突出的物质成就，查理大帝宏伟的政治实验只维持了半个世纪就覆灭了。这个时期内，伊斯兰教出现了短暂的高涨，征服了近东、北非、西班牙，从东地中海的旧世界中隔出了一个欧洲的“新世界”。然而，在中世纪初期，欧洲仍然经历了基督教化（Christianization）、政治和经济稳定性在某种程度上的复苏，以及新社会秩序的开始。所有这一切，特别是作为一个极其重要的经济制度的奴隶制的消失，对技术发展非常重要。在中世纪的欧洲，绝大多数生产者是自由的或半自由的。他们的积极性，部分造就了可种植土地在整个中世纪里的大面积扩展。

在第四阶段，大约从10世纪至15世纪，中世纪文明达到最高峰。无论从政治方面还是从智识方面看，这都不是一段平静的时期，时代的张力更是造就了不少伟大的成就。在此期间，由于君主和教皇的冲突不断和国际性的战争，以及国王和王子们为建立有效的中央政府而必须面对的封建地主们的抵抗，整个欧洲陷入了动荡和分裂当中。这里有农民为反对强加在其身上的不平等的经济、社会地位而进行的暴动，也有对宗教异端的残酷镇压。在两个世纪里，西方不断对伊斯兰世界施加压力，最后对拜占庭发动十字军东征。此外，那些最初来源于伊斯兰的希腊科学、医学和哲学，即所谓“新知”（new learning），有一段时间看上去挑战着教会对思想领域的统治，直到它被中世纪基督教传统所吸纳。尽管有贫穷、瘟疫和战争，人口数量却仍在缓慢增长，城市生活变得安全而舒适，工匠们对行会越来越多保护他们权利和自由的措施感到满意。随着市镇生活的复苏，一种商业自治的形式逐渐兴起。它作为封建制里的地区性排他主义的一个副产品，繁荣于

结成汉萨同盟的各城镇，包括日耳曼的自由城市及意大利北部的城邦，这些城市都在中世纪晚期的经济生活中扮演了重要的角色。国际贸易的增长，削弱了对本地自给自足经济的需求。在教堂的建造中，在挤满学生的大学中，在文学和哲学的皇皇巨著中，以及在技术发明的层出不穷中，巨大创造潜能的释放都得到了证实。

本卷的行文将止于中世纪理想的失败，这是 15 世纪的标志。此时，神圣罗马帝国已经在政治上无足轻重，教会则刚刚渡过一个使其精神威望锐减的、长期存在的危机，法兰西和英格兰因为百年战争的旷日持久而元气大伤。拜占庭成了土耳其帝国一块延伸至巴尔干半岛的无法保卫的飞地，扼守着欧洲通往近东和远东的要冲。葡萄牙的水手们仍然在沿着非洲的西海岸向亚速尔群岛进发，虽然暂时还看不到结果。然而，有明显的迹象表明一个新的社会秩序和新的知识体系正在意大利形成，夺取了城邦国家领导地位的富有的商人阶层奠定了一个成熟和世俗社会所需的经济基础，并鼓励在艺术和文学上模仿希腊成就，这在 16 世纪达到高潮。还是在意大利，完全展示了本卷中追踪的技术技能（technological skill）的发展。在利用动力方面，在金属加工、纺织、建筑、造船等诸多工艺方面，在化工技术和耕作方法方面，以及在建立一个能为发展技术技能提供充分活力和回报的经济结构方面，此时的欧洲，都处于领先地位。凭借着这些物质上的优势，欧洲的近代史开始了。

表2 罗马帝国史的编年概述（公元前31年—公元476年）

公元前（年）	
31	屋大维皇帝（奥古斯都，前27年）重组了政府。希腊在文学、艺术和科学上的影响扩展到了罗马人的生活和思想。维吉尔（前70—前19）、贺拉斯（前65—前8）、奥维德（前43—公元17）、李维（前59—公元17）、维特鲁威（公元前1世纪）的时代。
4	基督诞生。
公元（年）	
4—6	罗马的疆域扩展到多瑙河。
9	在扩张到易北河的努力失败后，日耳曼人将莱茵河作为其边界。
43—51	克劳狄（41—54）入侵不列颠。
54—68	基督教受到尼禄的迫害。
68—69	近卫军选举皇帝。韦斯巴芗（69—79）获胜。
77—84	对不列颠的征服扩展至苏格兰。
79	维苏威火山爆发埋葬了庞贝和赫库兰尼姆。
83	图密善（81—96）越过莱茵河作战；开始修筑有堡垒的边界线（图653）。
101—107	图拉真（98—117）时代；罗马帝国疆域达到最大（图459）；地方管理出现崩溃的征兆；罗马帝国的财政状况极其紧张。
132—135	犹太人的反叛，以及随后的流散。
161—180	马可·奥勒留，斯多葛派的皇帝。在多瑙河边境上与蛮族的战争。
200	在3世纪期间，罗马帝国的政府和经济生活崩溃了。政权的军事基础公然显现，皇帝们成为其军队的工具。毁灭性的通货膨胀。智力和艺术活动枯萎了。
193—211	塞维鲁使参议院蒙羞，军团的永久驻扎得到承认。
213—217	日耳曼边境战争。
229	波斯萨珊王朝开始与罗马交战。
235—284	军事无政府状态——一些短命的皇帝是伊利里亚人，而非罗马人。基督教受到严重迫害。密特拉教崇拜在军队中盛行。
284—305	伟大的伊利里亚执政官戴克里先，重组了独裁体制下的帝国，具有更有效的官僚体系，但加重了赋税。罗马帝国被一条南北向的分界线（这条线的中心穿过现代的南斯拉夫）分隔，戴克里先统治东部，并在罗马建立了联盟。
306—337	312年，君士坦丁大帝用武力从马克森提手中夺取了整个帝国，将基督教确立为国教。

（续表）

lvii

324—337	罗马帝国重新统一，以君士坦丁堡为首都（330年）。
330—379	凯撒里亚的巴西耳建立了流行于东方的修道院制度。修道院愈益成为艺术和学术的中心。
361—363	尤里安企图重建多神教。
376	西哥特人越过多瑙河，在阿德里安堡击败了瓦林斯。
340—420	圣哲罗姆将《圣经》译为拉丁文（钦定本）；鼓励隐修院制度。
395	罗马帝国永久性地分裂为东罗马帝国和西罗马帝国。
395—408	西哥特人蹂躏巴尔干，匈奴人横行于亚洲大部。
约400年	在洪诺留（395—423）统治下，西罗马帝国被汪达尔人斯提利科所控制，他驱逐了西哥特人，但没能阻止蛮族占领高卢。
407	罗马军队从不列颠撤退。
410	西哥特人洗劫罗马，在西班牙建立了第一个稳定的蛮族王国（419）。
430—431	汪达尔人在北非建立了一个王国。
438	罗马的《狄奥多西法典》问世。
441	撒克逊人定居不列颠。
451—452	阿提拉率领的匈奴人对高卢和意大利的入侵被挫败。
455	罗马被汪达尔人洗劫。
476	西罗马帝国的最后一个皇帝被鄂多亚克废黜。

第Ⅱ卷撰稿人

历史注释　　A. R. 霍尔（A. R. HALL）

第 1 章　　17 世纪前的采矿与采石

C. N. 布罗姆黑德（C. N. BROMEHEAD）

伦敦地质勘查博物馆专聘的英格兰东南部地区地质学家

第 2 章　　冶　金

R. J. 福布斯（R. J. FORBES）

阿姆斯特丹大学古代理论科学和应用科学教授

第 3 章　　农　具

E. M. 约普（E. M. JOPE）

贝尔法斯特女王大学考古学高级讲师

第 4 章　　食物和饮料

R. J. 福布斯（R. J. FORBES）

第5章 皮　革

约翰·W. 沃特勒（JOHN W. WATERER）
伦敦皮革博物馆荣誉馆长

关于羊皮纸的注释

H. 萨克斯尔（H. SAXL）
利兹大学纳菲尔德老年医学室

第6章 纺纱和织布

R. 帕特森（R. PATTERSON）
约克郡城堡博物馆馆长

第7章 家　具

第1篇　至罗马帝国末期

西里尔·奥尔德雷德（CYRIL ALDRED）
爱丁堡皇家苏格兰博物馆助理馆员

第2篇　后罗马时期

R. W. 西蒙兹（R. W. SYMONDS）

第8章 陶　瓷

第1篇　从约公元前700年到罗马帝国崩溃

吉塞拉·M. A. 里克特（GISELA M. A. RICHTER）
纽约大都会艺术博物馆希腊和罗马艺术部荣誉主任

第2篇　中世纪

E. M. 约普（E. M. JOPE）

第9章 玻璃和釉

D. B. 哈登（D. B. HARDEN）
牛津埃斯莫伦博物馆古文物部主任、英帝国O.B.E. 勋衔获得者

第 10 章

前科学的工业化学

F. 舍伍德·泰勒（F. SHERWOOD TAYLOR）

伦敦科学博物馆前任馆长

查尔斯·辛格（CHARLES SINGER）

关于军用烟火技术的注释

A. R. 霍尔（A. R. HALL）

第 11 章

中世纪的工匠

R. H. G. 汤姆生（R. H. G. THOMSON）

伦敦国家美术馆科学实验室

第 12 章

房屋建造

马丁·S. 布里格斯（MARTIN S. BRIGGS）

第 13 章

细金工

赫伯特·马里恩（HERBERT MARYON）

英帝国 O.B.E. 勋衔获得者，伦敦大英博物馆研究实验室技术专员

关于硬币及其他器物模印的注释

菲利普·格里尔森（PHILIP GRIERSON）

剑桥大学历史学讲师

第 14 章

道路和陆路交通

（14.3，14.4，14.6）

R. G. 古德柴尔德（R. G. GOODCHILD）

昔兰尼加政府古文物管理官员

（14.1，14.2，14.5，14.7，14.8）

R. J. 福布斯（R. J. FORBES）

第Ⅱ卷目录

第1编

基本生产



第1章 17世纪前的采矿与采石

C. N. 布罗姆黑德(C. N. BROMEHEAD)

1.1 希腊采矿

在讨论早期的采矿和采石时，想整理出一条严格的时间线并不是好的方法，实际上也不可能。例如，当希腊采矿技术在公元前500年已经相当先进的时候，不列颠的采矿技术仍然保持在一种原始的状态，这种情况一直延续到大约1世纪末罗马文明传至那里。为了本书的目的，我们更多谈论的是技术阶段(technological stages)，而不是王朝或者政治事件的起讫年份。这样，尽管火药最晚于8世纪就在中国得到使用，并在13世纪传至欧洲，但是它用于采矿的记载直到17世纪才出现。蒸汽作为泵的动力来源，最早在17世纪就被提及，却直到18世纪才在采矿中得到有效应用。所以，在讨论采矿技术时，可将爆炸技术与蒸汽技术的结合作为采矿技术新纪元的开端，对这两种技术的考察放在下一卷中讨论也更为合适。

在了解有关希腊人采矿知识时，我们是很幸运的。几个世纪里，雅典附近的劳里昂银铅矿闻名于世，期间采矿技术取得了巨大进步。尽管希腊作家也谈及这种技术，但采矿工人主要还是奴隶而不是平民，大量零碎的信息以某种方式载入希腊文学作品。在现代，大量这样的矿山又重新开始生产，古时候在这些地方进行的采矿工作也得到了调查研究(图1)。



图 1　希腊矿工。
矿石是用锄开采、用篮子收集的。画面中央像是灯的东西是一个由希腊吊瓶及其小的伸出物组成的。科林斯黏土泥版，公元前 6 世纪。

劳里昂矿首先在公元前第二个千年由迈锡尼人开采，后来被废弃。大约公元前 600 年，雅典人开始开采这座矿。在梭伦（Solon）颁布法律的时期（公元前 594 年），银在雅典是短缺的，但是到了公元前 500 年，劳里昂的开矿税收开始进入雅典人的预算中。开采的矿物主要是方铅矿（硫化铅），含银量很高，平均每吨矿石能生产 60 盎司的银，所以这座矿山经常被称为“银”矿。大约公元 100 年后，这座矿山一直荒废着，直至 19 世纪中期才被一家法国公司接手，主要是生产锌。

2　地质研究表明，劳里昂地下主要由三层石灰岩或大理岩的地层组成，中间被两层云母片岩隔开，有些地方也被花岗岩和辉长岩[1]的岩脉打断。方铅矿遍布这里，但主要集中在岩层的接合部，尤其是两层稍低的石灰岩的顶部，上面覆盖着页岩。上升的液体带着矿物涌动，遭遇到页岩层的阻挡后，矿物会在接触面上富集起来，顶部的石灰岩往往是矿区中品位最高的矿床。

劳里昂的铅矿中伴生着锌和铁。在矿脉顶部的露头，方铅矿（硫化铅）、闪锌矿（硫化锌）、黄铁矿（硫化铁）分别被白铅矿（碳酸铅）、菱锌矿（一种锌的碳酸盐或硅酸盐）和赤铁矿（一种铁的氧化物）代替。由于赤铁矿为红色，这种露头矿物很容易辨认。也许这里以前主要是开采铁矿的，这样就可以生产出用来开采含银方铅矿的工具。最早，这里是露天开采的，有较短的平硐[2]。后来，人们挖了 2000 多座立井，

1　辉长岩这个名称适用于多种岩石，但主要是指火成的深成岩，其组成是斜长石和斜辉石，经常含有橄榄石。
2　用于引水或者排水的水平巷道。

并通过巷道连接在一起。值得注意的是，较低、较富的接触带几乎没有露头，其发现和开采是 19 世纪兴起的地质学的研究主题。

立井格外规整，截面通常是 1.9 米 ×1.3 米的矩形。立井的中心线也非常精确地垂直，但是大约在每隔 10 米深的地方，截面转动 8°—10°，底部的矩形就和顶部的矩形成一个直角。这些台阶似乎与进入的方法有关。一连串梯子或砍出了落脚处的树干紧靠着井壁，中间的空间留给绳子和滑轮来吊起矿石。滑轮轴的零件及其顶轴的痕迹已被发现。最深的立井深达 117.6 米，这是由于水面的限制，这里说的水面大约就是海平面了。

在接触区域，横巷道大约 1 米高、0.75 米宽，沿着矿槽延伸，表现出一种明显的规划。立井往往成对地向下挖掘，平行的巷道由它们引出，在巷道之间还常常有横向巷道出现，主要目的是辅助通风。有的时候，矿层到表层会陡升 50—60 米，巷道上爬形成一个斜坡，这样可以更好地通风。毫无疑问，这些平行的巷道也是用来进出的通道。如果发现富矿体，他们就根据具体环境以上行或下行方式回采。分支巷道会按照需要的坡度从主巷道上切出，这样可以方便地达到理想的矿点。有些回采工作面有大约 10 万吨的东西运出来，在那里主要运用“房柱式”工作法，更贫瘠一些的矿石被当作柱子保留了下来[1]。遇到所有的矿都要开采的时候，则用废弃物建成柱子用以支撑矿顶。公元前 338 年的来库古（Lycurgus）颁布了一条法令，禁止将矿柱去掉，这些矿柱有的已经高达 9 米。然而，斯特拉博（Strabo）说，在他那个时候（公元前 63?—公元 21?），废料堆被重新熔炼，回采工作面中的填充物也被洗劫一空[1]。

3

在劳里昂的许多巷道里，边上的凹槽用来安装门进行通风。在

1 通过一系列主要是水平方向进入矿脉的通道开采矿石的过程，称为回采。这可以用上行方式，每一个新的回采工作面在前一个的上面；或者采用下行方式，这时采矿就向下进行。在“房柱式”开采中，回采工作面的顶部由未开采的矿石形成的柱子支撑着。

一些情况下，通风可以通过点火来增强。斜井会贯穿一个垂直的工作立井，在通常的连接处之前还会挖一个水平的小坑，灯火就放在这个水平的平台上。也许，在矿井中用织物扇风是一种常见的做法。不久以后，普林尼（Pliny，卒于 79 年）就把它作为常用的通风措施提及[2]。

这些采矿工作使用了熟铁工具，锤子与现代地质勘探使用的锤子类似，还有带木柄的镐以及凿子和楔子。每位矿工都有一盏灯，他们会挖一个壁龛放灯，灯的位置接近他们的脸部。据估算，一位矿工每月可以下凿 4.5 米。矿井中需要的木材并不多，但从遗址中可以发现凿得很好的支柱以及横梁之间的榫眼和榫舌的连接结构。数量可观的木头在地面上作为燃料用于冶炼工作。劳里昂地区曾经树木繁茂，但在斯特拉博所处的时期就像现在一样是不毛之地。

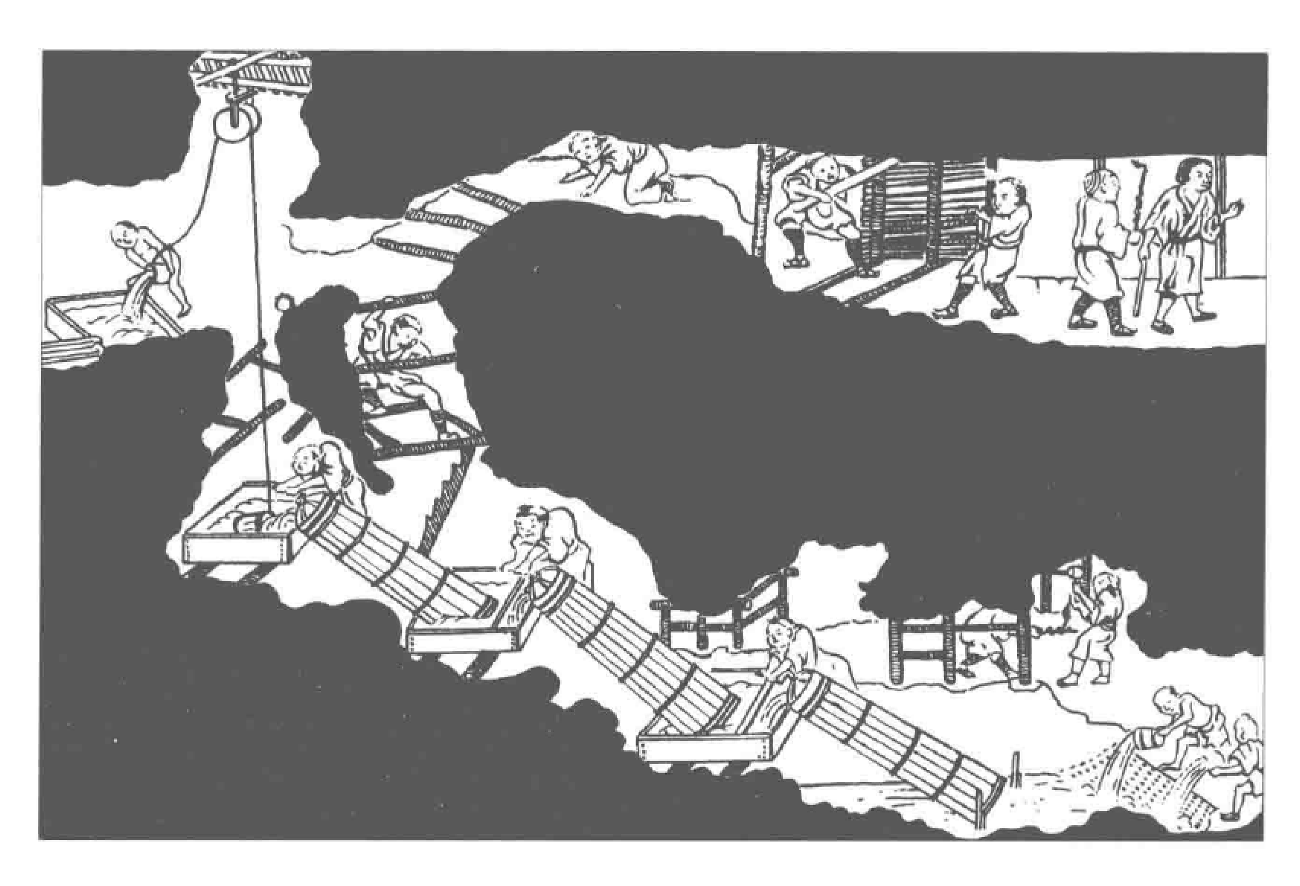


图 2　17 世纪日本矿山的排水系统。
手动舀水、阿基米德螺旋和绳索—吊桶等在这里被组合使用。螺旋由曲轴驱动。

古希腊人的采矿方法与日本直到19世纪中期还在使用的方法非常相似（图2)。安藤广重（Hiroshigi Ⅱ）画的一幅精致彩图大约在1850年发表，展现了一个金矿内部的情景（图版1)。包括活梯、矿工使用的镐和灯在内，几乎每个特征都可以和劳里昂矿的情况很好地对应起来。在希腊的卡桑德拉和罗马的门迪普矿山中，相似的灯也都找到了。

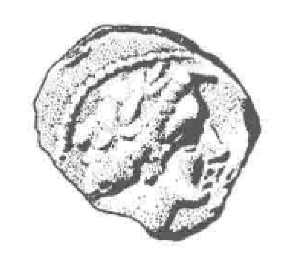
4

劳里昂矿产出的矿石以相当小块的形式存在，再由地面上的研磨和捣碎工具加工。加工后的矿粉不仅含有方铅矿，还夹杂有不同含量的石英、闪锌矿、黄铁矿、萤石和铁矿石以及其他组分。接下来的工序就是洗选。选矿用的台板有不同的尺寸和坡度，其中一个有7.5米长，另一个则为21米×12米。这些台板砌筑而成，还用混凝土和一小薄层优质水泥砌成表面。贮水池下边的开口是锥形的，从中喷出的水强有力地射向下面的矿物。最重的部分几乎马上就收集在浅槽中，剩下的部分通过重力在一个又长又宽且微斜的表面上逐渐分开。通过一系列水槽的精巧排列，水被收集到一角的集水坑里面，集水坑正好在贮水池的下方，可方便地将水舀起来再次利用。水的供应是一个主要的难题。为了保存冬天的雨水，人们修建了不计其数的蓄水池，每个蓄水池还配有一个盖子，以防止水分蒸发。

5

希腊矿井中都安有形状古怪的壁灯。这样，雅典的执政官狄摩西尼（Demosthenes，公元前384—前322）能够清楚地把采矿区与磨矿和选矿区分隔开[3]。因为供水的困难，尽管两个区域同属一个矿主，但位置可能会相距很远。依照狄摩西尼的叙述，矿石在磨矿工场中被研磨成相同颗粒大小的矿粉。希腊北部采矿业的重要性可从公元前4世纪上半叶伊庇鲁斯的大马士欣的钱币图案看出，图案上显示了一把矿工用的镐和一个金属锭（图3)。

希腊作家波利比奥斯（Polybius，公元前205?—前125?）留下了关于新迦太基（西班牙东南部的卡塔赫纳）的银矿的重要笔记[4]。他提



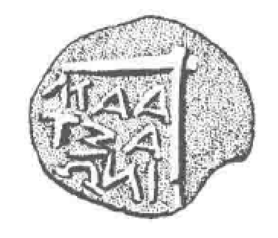



图3　出自大马士欣的两枚硬币。
从它们的背面图案中可以看见矿工的镐。直径15毫米。

到了铁匠的风箱[5]，但这是不是仍然在远东地区流行的那种通常带有一个方形截面的活塞，目前还只能推测。在一部书（公元前4世纪）中记载了那些工具曾被认真挑选，还记载了许多有用的钢种，例如克利庇钢最适于制作木匠的工具，莱西底蒙钢最适用于制造锉、钻、刻刀和石凿，此外还有其他几种类型的钢种（边码228）。

我们关于采矿资料的主要文献来源是斯特拉博（卒于约21年）的《地理学》(*Geography*)，这本书主要作为政府官员的教科书，对出口产品用了较长篇幅，但对技术细节用笔寥寥。据斯特拉博叙述，那时的砂金要比矿金生产得多，"按篮子式样编成的筛子"被用来淘洗用锄头和鹤嘴锄挖掘出的矿物[6]，银铅矿需要反复进行5遍淘洗。开采砂金需要挖一个很长的地沟，必要时可以用阿基米德螺旋将水运到高处（图2）。

一些从矿山开采出来的矿物并不直接用作生产金属的原料，例如朱砂颜料（边码361）。对其中一种来自西班牙的矿物，斯特拉博曾描述称，"不比（黑海上的）锡诺普矿物差"[7]。锡诺普镇是卡帕多基亚朱砂出口的地方，而不是真正的产地。在1世纪，迪奥斯科里斯（Dioscorides）这样记录锡诺普的红色赭石（*miltos synopike*，即朱砂）：

最好的是密度大而重的，深赤褐色，不含脉石……颜色均匀。它产自卡帕多基亚的某些洞里，精选出来后拿到锡诺普去卖，这样就得到了"锡诺普朱砂"这个名称。它有收缩性、吸水性和黏附性，

所以可以混入一些药膏中贴在伤口上，也可以用作治疗便秘的药剂，将它打入一个鸡蛋中便制成治便秘的灌肠剂。它对肝病患者也有疗效[8]。 6

作为一个军医，迪奥斯科里斯主要对药物感兴趣。但是，包括朱砂在内的许多矿物挖出来是用作颜料的。在上面提到的例子当中，朱砂当然比一般的红色赭石要优质得多，出口贸易的价值也要高得多。

1.2 罗马采矿

希腊文明逐渐融入了罗马帝国的文明之中。尽管它们地理位置不同，但在技术上没有什么界限，即使是采矿和采石也是如此。希腊人对科学的热爱，能够通过罗马人严密的实践项目显现出来（图 4）。

希腊熔炉很偶然地（毫无疑问最初是意外地）生产出了铸铁。保萨尼阿斯（Pausanias，2 世纪）说道："萨摩斯的泰奥多鲁斯（Theodorus of Samos）是第一个发现如何将铁浇注（或熔化）并制出铁雕像的。"[9] 遗憾的是，他没有提及炼铁所必需的高温炉的情况。塞浦路斯还记录着在公元前 7—前 6 世纪流行的动物的铸铁形象，它们也许非常小， 7 且是铸成一体的，或者充当玩具，或者用于巫术活动，在亚历山大城和其他地方十分流行。后来，关于它们的传说被过分地夸大了，例如撒克逊时期的比德（Bede）曾提到，马背上的柏勒罗丰（Bellerophon）的雕像重达 5000 磅[10]。尽管在不列颠也许有少量类似的铸铁像出于某种目的被制造出来，但务实的罗马人很少提及这样的古董。

由于可以建造出雄伟辉煌的高架水渠（第 19 章），罗马人能够提供足够的水来进行选矿。由于采矿业的发展，他们抽干了西班牙西南部的廷托河铜矿的水，甚至远及不列颠的铜矿。事实上，与希腊采矿技术相比，罗马采矿时使用的水泵设施显示出极大的进步。这些装置中，最重要的是水车（边码 593 起）。在廷托河矿的某处，8 对这样按

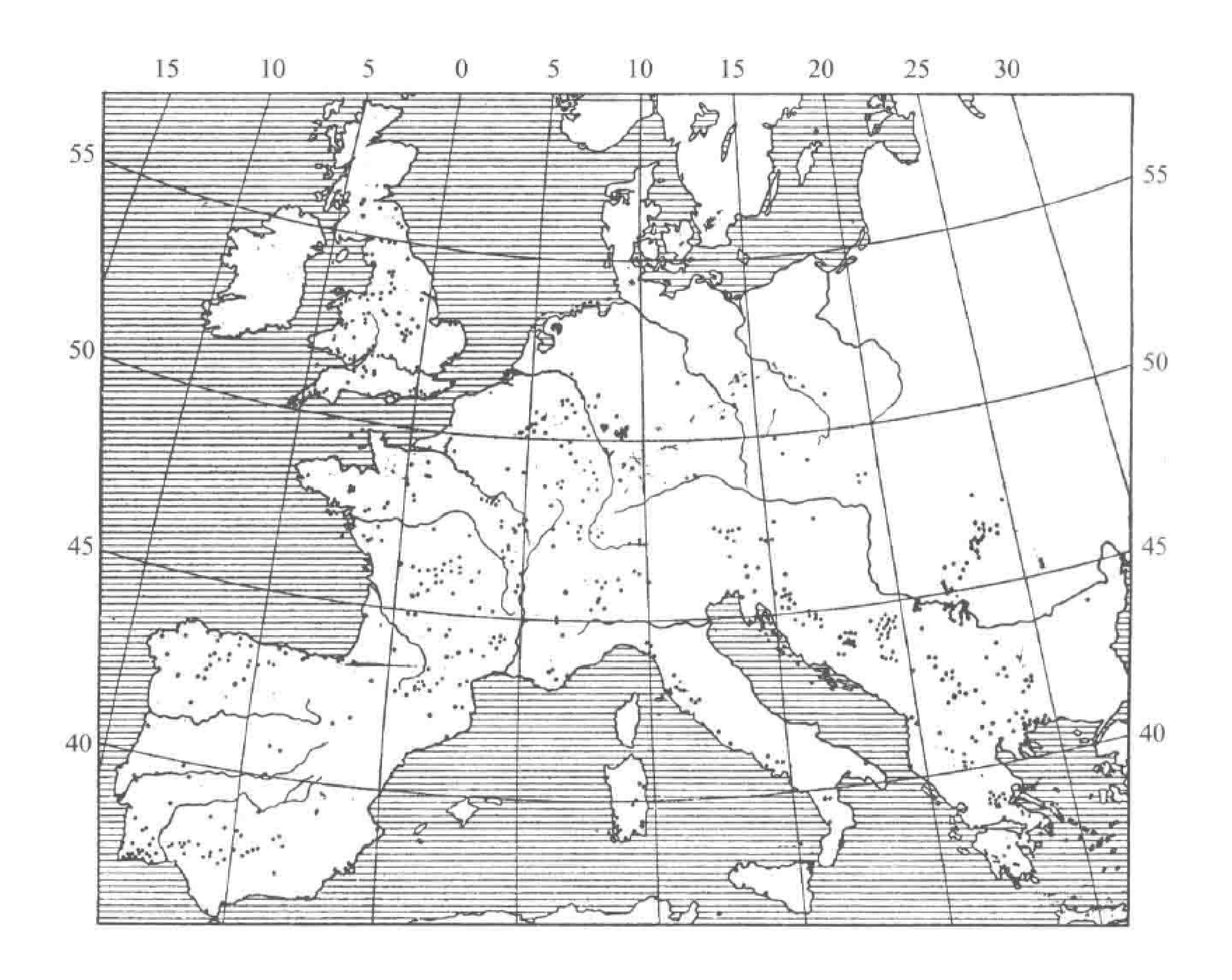


图 4 罗马采矿点在欧洲的分布图。

序排列的水车，能够将水提升 30 米。在西班牙和葡萄牙的矿山，现在已经发现了许多通常直径 4.5 米的水车（图 5）。另一个提升水的方法是使用阿基米德螺旋泵，罗马人称之为“耳蜗”或者“水蜗牛”（边码 676 起）。

8

对于普通的罗马矿山来说，为了节省劳力，平硐都做得尽可能小。有时候巷道的底部宽度只能容许一个人通过，上部较宽一些，这样可以允许矿工背上一个包或者手上拿一个篮子。但是，在葡萄牙的某些罗马时代的矿山，进入工作面巷道的高度和宽度竟然有 5 米。在墙的一面，有一条窄窄的 5 米深的水槽。往往还有一个 10 米见方的矿室，中间是一块花岗岩巨石，周围有一圈动物留下的脚印，所有这些遗址都仍然使用一种“链斗式”设备来提升水（边码 637、

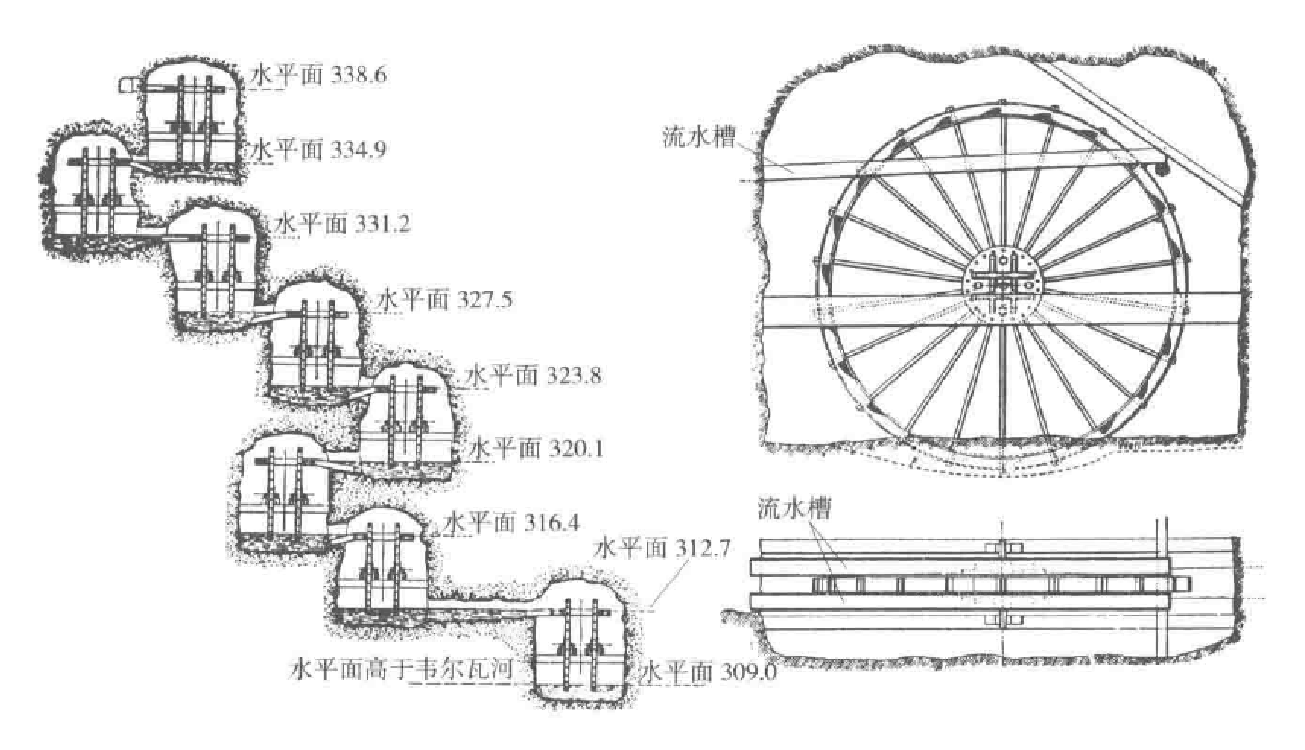


图 5 （左）罗马人使用的一组 8 对提水车，用来给西班牙的廷托河铜矿排水。这些轮子也许是用脚踏传动的。（右）单个水车轮，葡萄牙的一组水车的一部分，正视图和俯视图。直径 5 米，可提升 3.7 米。2 世纪（？）。

边码 675）。

显然，这些各不相同的机械装置是对手舀这种简单方式的补充。普林尼提到了一个为汉尼拔（Hannibal）“每天生产 300 磅银子”的矿山，它已经被发掘了 1500 步距。“在整个这段距离中，担水的人日夜轮流将水舀出来……这样就汇成了一条大河。”[11] 这些罗马舀水者或者使用青铜或红铜的提桶，或者使用被青铜箍住并涂以沥青的西班牙草编篮子。

火力采掘法很早就已经为人熟知（第 I 卷，第 20 章），但在矿井中还是尽可能少用为好，它会像普林尼指出的那样使巷道充满“蒸汽和浓烟气”[12]。也许水可以用来促进冷却，从而促成岩石的破裂[1]。

从形式上来看，使用的工具从史前到现在没有太多的变化。即使

1　尽管普林尼和泰奥多鲁斯（公元前 1 世纪）都提到了，但是几乎没有任何证据表明使用过醋。它除了对石灰石有很小的作用外完全没有其他作用。整件事情的谜底已经在阿格里科拉（Agricola）的《论冶金》中讨论了：*De re metallica*, trans. by H. C. & L. H. HOOVER, p118, note 414. London, 1912; New York, 1950。

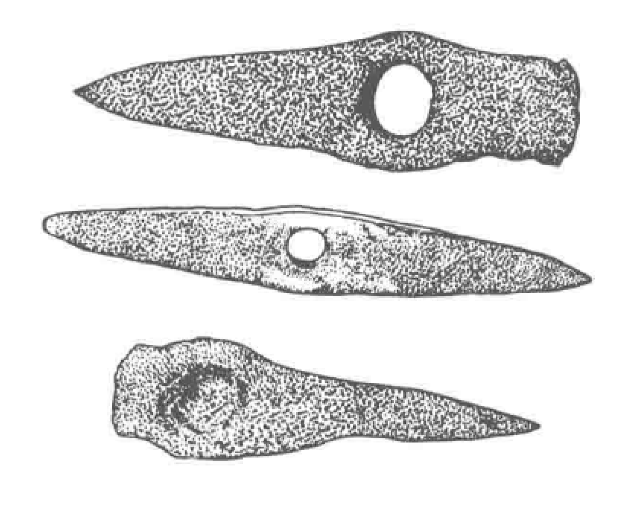
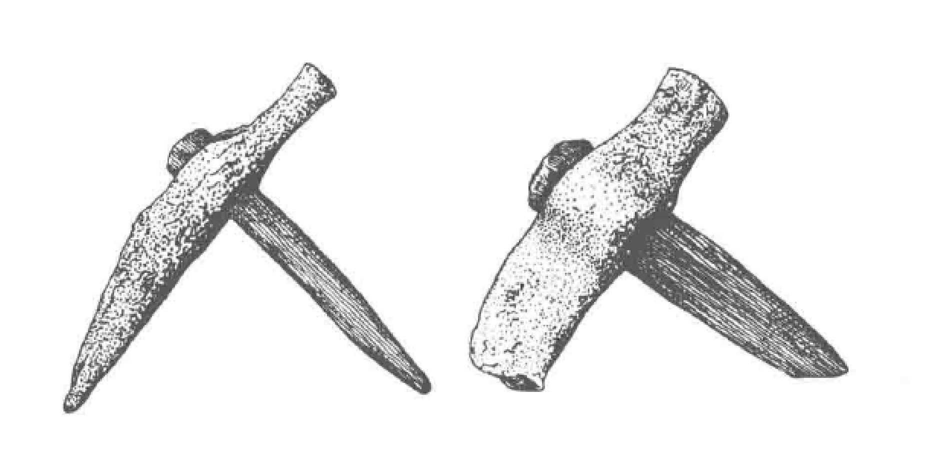


图6　罗马矿工的铁镐。
发现于西班牙南部的利纳雷斯，1—2世纪。

是腰部微细、用枝条装成把手的石头锤子，依然使用了很久。在罗马时期，铁的使用很自然地增加了。古罗马的拜提卡省发现的铁制工具，能够比较精确地测出年代，包括单头或多头的镐，有直的也有曲线型的（图6），以及用来敲进岩石中的楔。锤子也许有两个平头，或者是一个平头和



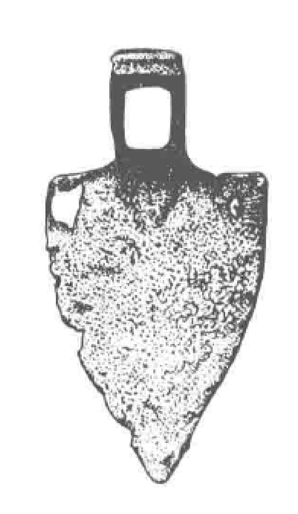


图7　罗马矿工典型的铁制工具：镐、锤和铲。部分还有木柄。
发现于西班牙南部的利纳雷斯，1—2世纪。

一个尖头。它们通常重5—10磅，有一个短的木把（图7）。撞锤有一个重达150磅的铁头，普林尼提到它可以用来打断石英矿脉[12]。

在很大程度上，采矿技术的逐渐进步要归功于技术熟练的工匠代替了普通劳动力，虽然这些熟练工匠一般来说仍是犯人（图8）。到了哈德良时期（Hadrian，117—138在位），矿山有了足够严密的设计，能为矿工们提供洗澡用的热水，还能让矿区的妇女使用。不列颠第一尊表现这个主题的雕像，竟然保存到1911年！甚至在卢克莱修（Lucretius，卒于公元前55年）时期，某些环境恶劣的矿井，就已经臭名昭著，那些用于制作颜料的矿石含砷和汞，十分不利于

9

健康[13]。

毫无疑问，罗马入侵不列颠主要是为了掠夺岛上的矿产财富，尽管或许也有消灭高卢人避难所的因素。49年——不列颠被实际占领五六年内，门迪普铅矿就已经开掘。除了已确定年代的铅锭可以用来判断年代以外，我们的证据还包括与前文描述类似的铁制工具（图9）以及几盏铅灯，它们显示这里曾进行过一些地下作业[14]。银和铅经常伴生（也和铜、铁、锡、金伴生），在帝国的资源中占有一席之地。但是，罗马人通常会主要使用当地的劳力和方法开采不列颠的矿产，有时根据需要派遣监工和工头。因此，在罗马人治下的不列颠，政府周边区域全面体现了技术产生的全部成果，并不足为奇。



图8　罗马矿工的石头浮雕。
工头（左一）拿着一支大钳子，他前面的那个人拿着一把图7中那样的镐，再前面那个人拿了一盏灯。所有的人都佩戴着宽皮带。不清楚工头左手拿的是什么。来自西班牙南部的利纳雷斯，1—2世纪。

10

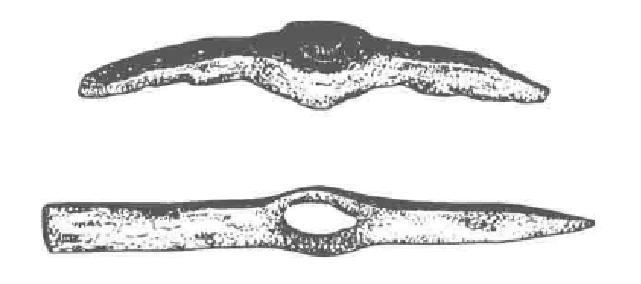


图9　罗马人用于开采铅矿的铁镐。
来自英格兰门迪普，约1世纪。

罗马人的工作明显与罗马统治的不列颠人有区别，南威尔士的杜拉考塞金矿就能证明这一点。那里的露天开采从特征上来说是原始的，但是立井和平硐大约已挖到水平面下24米[15]。残留的遗址显示出，当时曾经使用过提水车。遗址中的7英里长的导水渠是罗马风格的，但它确实是雇用本地劳动力所建造。在罗马矿山附近，发现了多处雕刻好或雕了一半的宝石，它们应该是在当地切割的，也许是罗马官员的业余爱好。

直到 3 世纪中叶，罗马统治的不列颠才大量开采锡，并且在政府控制下进行。锡的提取（边码 46）看起来非常高效，一个大约 350 年的碟子的锡含量为 99.18%，这样接近纯锡的物品甚至在北至诺森伯兰的地方也有发现。但是，除了一些传说外，我们对于罗马统治下不列颠的锡矿开采，一无所知。

不列颠大约从公元前 500 年就开始制铁了，恺撒（Julius Caesar）称之为一种本地的产业[16]。在罗马统治时期，开采铁矿非常普遍，只是大多数规模太小，不能称之为采矿。更重要的铁矿开采中心在威尔德和迪恩森林。除了较浅的褐铁矿、赤铁矿（坎伯兰和威尔士）和来自煤田地区的含黏土的铁矿石，各种各样的侏罗纪矿石和白垩纪矿石也被开采，人们用煤作燃料，用不同的黏土建造熔炉，用石灰石作助熔剂。罗马时期的锻铁和铸铁，在兰开夏郡、沃里克郡和苏塞克斯都曾发现过。但是，我们对这些地区采矿技术的细节一无所知。

1.3 中世纪的采矿

在罗马帝国衰落后的几个世纪里，农业和战争对金属工具和武器的需求从未中断过，不过几乎没有什么技术进步，工艺的记录也几乎为零。同时期的照明器材、挂毯、浅浮雕展示了当时的工具和武器，但它们是在哪里制作？金属是在什么时候得到运用？又是如何开采出来的？现在并不知晓。我们知道盎格鲁 – 撒克逊和卡洛林的国王发行了金币、银币和铜币，却不知道铸造这些硬币的材料究竟是掠夺、进贡而来还是采矿冶炼而成。显然，在这段时间里发生了深刻的变化。最强的活力来自中欧。到了 16 世纪，“采矿者”和“撒克逊”几乎变成了同义词。在中世纪，撒克逊的采矿者不仅在自己的国家，更在整个欧洲起到了示范作用。开始采矿的时间，在捷克斯洛伐克的谢姆尼茨是 745 年，在哈茨山脉的戈斯拉尔是 970 年，在萨克森的弗赖堡是 1170 年，在波希米亚的约希姆斯塔尔是 1516 年[17]。

11

当西班牙塞维利亚省著名的瓜达唐纳尔矿在 1551 年后重新开采银铅矿的时候，矿上的一位管理者给政府写信，要求提供 200 名以上精通采矿和冶金的日耳曼人。在欧洲边远地区，也不乏这样的例子。挪威康斯堡著名的银矿第一次开发于 1623 年。“在这里，克里斯蒂安四世（Christian the Fourth）非常高兴地以他自己的名字给第一个矿槽命名，矿工们都来自日耳曼。他们是新建的康斯堡矿山小镇的第一批居民，也是数千名现有居民的祖先，渐渐与挪威人融合，各民族都在各自语言中融汇了其他民族的特点。”[18] 德国采矿业复兴以后，与古典时期形成很大差别。98 年，塔西佗（Tacitus）写道：“天堂已经拒绝给予（日耳曼人）金银——我能说是恩赐还是惩罚？我不会据此断言日耳曼没有金银的矿脉。但是谁能够预料这些呢？”[19] 这一时期的西班牙有所变化，在那里，当这些著名的矿产在摩尔人统治期间转入穆斯林手中后，铜、铅和其他金属的产量都下降了。当时摩尔人发现，如果让含有硫酸铜的水流过铁，纯铜就会析出来，而铁将被溶解。由于当时铁在西班牙价格便宜，矿藏丰富，所以这项发明产生出一种利用硫化铜矿回收铜的有效办法[1]，使直接开采铜矿的需求越来越少。许多立井和巷道失去了本来的用处，一些已经变成了输水管线，将含有硫酸铜的水从立井中引出。

中世纪的文学作品提及的采矿知识具有误导性。确实有许多著作讲到少量正确的化学知识，但它们通常源于阿拉伯文，经常故意含糊其辞或译错，然后逐渐转变为炼金术。人造宝石的贸易量也很大，大多数玻璃都通过金属氧化物来着色，不过文字资料中很少提起它们是如何制作的。特奥菲卢斯（Theophilus，也许是帕德博恩附近的黑尔马斯豪森的一个僧人，约 1110—1140，边码 63 起）有一段对采金的描写：“有各种各样的金子，最好的产自哈腓拉，根据《创世记》的记载，它周边环绕着比逊河。熟练掌握这项技术的人一旦发

12

1　硫化物矿石在有水的条件下接触空气，会被氧化为可溶硫酸盐。

现地下的矿脉，就将它挖出来，用火将金子提纯并用熔炉检验，然后根据其需要使用。”他还指出，阿拉伯的那种浅色的金子经常通过加入 1/5 的铜来掺假。还描写了西班牙金子，“组成成分包括红铜、蜥蜴粉末、人血和酸”。在描述蜥蜴粉末制备的方法时，他也许使用了符号语言，在其中隐藏了用合适的酸从含金的铜中提纯真金方法[20]。

一种我们不太熟悉却在中世纪经常使用的矿物是辉锑矿（硫化锑 Sb_2S_3）。在古典时期，锑大量被用作铜合金的组成成分，在医药中还是一种强力泻药。

卡斯蒂利亚英明国王阿方索十世（Alfonso X，1252—1284）的《碑铭》（*Lapidario*）是一部完成于 1279 年的汇编，详细介绍了很多矿石。这部书有一部分是根据古典时期的著作写的，还有一部分是根据阿拉伯的著作写的，吸收了许多炼金术、古化学、占星术的原理。当中提到一种叫 *ecce* 的矿石，其实是含银的辉锑矿，据说西班牙和葡萄牙的许多地方都在开采，主要经济用途是生产玻璃表面的“美丽金色”。这种制作工艺最近通过了实践的检验，它能够追溯到 8 世纪，当时用于制作一些著名的清真寺灯。在比《碑铭》更晚一些的抄本的插图中，总有一位穿戴整齐的专家检验劳工递过来的矿样，这些矿样或是在露头上找到的，或是在挖掘地表矿物时发现的，或者在地下作业时采集的。立井是圆形的，工具的把手或长或短，与铁质的“头”配合，这些工具包括镐、锤、斧、铲或锹（图 10）。图中的一个立井中有装矿石的篮子。另一幅图中，专家正在用天平称量宝石或矿石。

关于英格兰采矿的条件，我们得到了一些来自法律文件的资料，很多都是 1200 年左右的。大多数地区都有自己独特的条例，康沃尔和德文的锡矿地区的法规便非常详尽。根据卡鲁（Carew）的《康沃尔调查》（*Survey of Cornwall*）一书（1602 年），“他们挖出矿井或者






图 10 取自卡斯蒂利亚 13 世纪的手抄本上的插图。
从左到右：正在勘探"含有铅及与铅相似的石头"；采大理石；从河沙中淘金；用锤子和楔子勘探铁矿。

矿坑，有 5—6 英尺长，2—3 英尺宽，7—8 英尺深，以此来确定他们是否会遇见矿脉"。卡鲁说："他们通常的工具是铁制丁字镐（镐斧，一头是镐，一头是斧），大约 16 英寸长，镐的一端尖锐，另一端是平头，镐端的铁刃因与岩石接触而变得很少。他们也用宽大的铲子，外部是铁，中间是柄，柄头削成楔面，便于紧固。"[21] 在门迪普，菱锌矿（碳酸锌或硅酸锌）早在 1560 年就开始开采。德比郡海皮克区的法规有其自身的特点，许多术语与撒克逊语一致，工头被称为"barmaster"，这显然是来自德语的"*bergmeister*"。正是这些不同的法规，显示出采矿业在罗马统治时期、盎格鲁–撒克逊时期、诺尔曼时期和中世纪的连贯性。在坎伯兰，铜矿在伊丽莎白一世（Elizabeth Ⅰ）时期一直由皇家矿业学会开采，后来由于燃料短缺而不得不中止。当时，日耳曼专家也来过这里。此后，铜矿就从瑞典进口。直到使用煤来熔炼，本地的铜矿才再次焕发生机。

13

从各种角度来看，《论冶金》（*De re metallica*，1556 年）应该是一部关于矿业的伟大著作，由乔格·鲍尔（Georg Bauer，1495—1555）所著，他就是后人熟知的阿格里科拉（Agricola）。这位撒克逊人在意大利获得了医学学位，然后到当时有名的矿业中心约希姆斯塔尔[1]

1 用约希姆斯塔尔的银矿铸造的硬币称作 *thaler*，就是低地德语的 *Dahler*，现代的 dollar。

当外科医生。他的第一部著作是非常优秀的矿物学著作《矿物学》(*Bermannus*,1530 年)[22],以非常易懂的对话形式写成,很快他又写了其他著作。他的巨著《论冶金》[23]共有 12 卷,讨论了采矿冶金的方方面面。他写道:

第一卷包括一些讨论,例如关于采矿的技艺、金属与矿产的关系,并表述各方的见解。第二卷描述了矿藏,其分支涉及如何寻找矿脉。第三卷主要是讨论矿脉和细矿脉,以及岩石中的煤层。第四卷解释了划分矿脉的方法,也描述了矿业官员的职能。第五卷描述了挖矿和勘探者的技巧。第六卷描述了矿工的工具和机器。第七卷描写了矿石的鉴定。第八卷指出了矿石焙烧、粉碎、洗选的规则。第九卷描写了熔炼矿石的方法。第十卷可以指导学生将银从金中分离出来,以及将铅从金银中分出来。第十一卷展示了将银从铜中分离出来的方法。第十二卷给出了生产盐、苏打、明矾、矾、硫磺、沥青、玻璃的方法[24]。

尽管这里我们重点要说的是第五卷和第六卷,但全套书的内容都能引起采矿史学家的兴趣。

对于采矿来说,首先必需的是矿井,在立井的底部达到一层矿脉后,就有必要或多或少地挖一些水平方向的通道(图 11)。立井的横截面通常为 3 米 ×1 米,多数立井相对来说是比较窄的,但阿格里科拉在《矿物学》中提到,"在施内贝格,印象中当人到达 200 步距(深度)时候,会有巨额财富产生"。当他的对话者惊讶异常的时候,阿格里科拉回答,在库滕贝格还有达 500 步距深的立井[25]。但是,这种深度的立井非常少见。这里的"步"用的也许是罗马的双步,不足 6 英尺(1.85 米)。立井经常如同悬崖一般陡峭。

阿格里科拉对于 16 世纪矿工使用的工具和装置进行文字描述并绘制插图,内容非常详细(图 12—16)。他提到:



图 11 矿山开采的第一阶段。
展示出山的表面和山中的立井。注意带皮囊的篮子（也见图 15）、带手摇曲柄的绞盘、梯子和四轮小车。图 11—22 都取自阿格里科拉于 1556 年发表的著作《论冶金》。

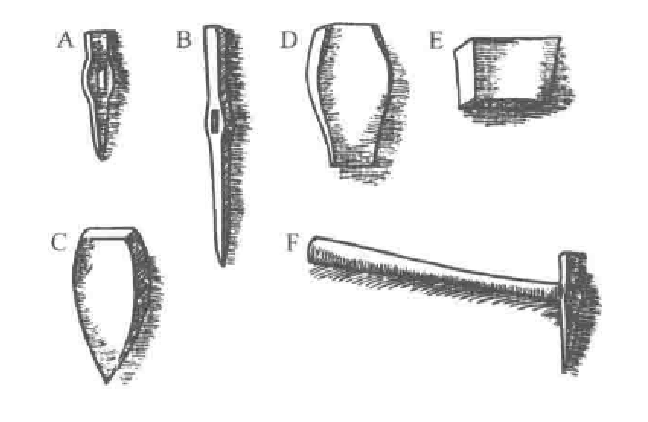


图 12　劈裂岩石用的铁制工具。
所有这些工具都有一个平头，方便锤子击打。(A) 如阿格里科拉所说是“日常用的”；(B)“用于对付最硬的矿脉”；(C) (D) 和 (E) 是铁楔子。(F) 显示了 (A) (B) 带柄的样子。(A) 的手柄大约 23 厘米长。1556 年。

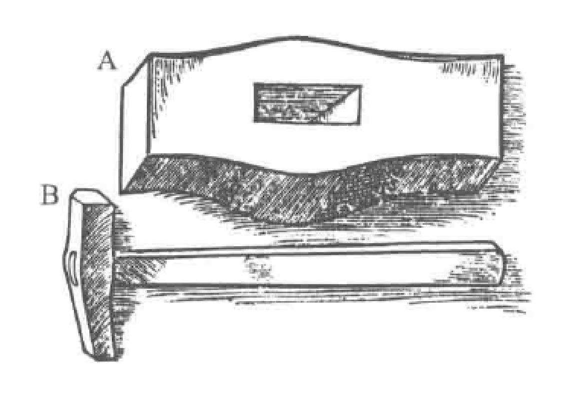


图 13　锤子。
(A) 这一系列中最大号的，大约 30 厘米长，用于锤打楔子。(B) 最小的带柄锤子。1556 年。

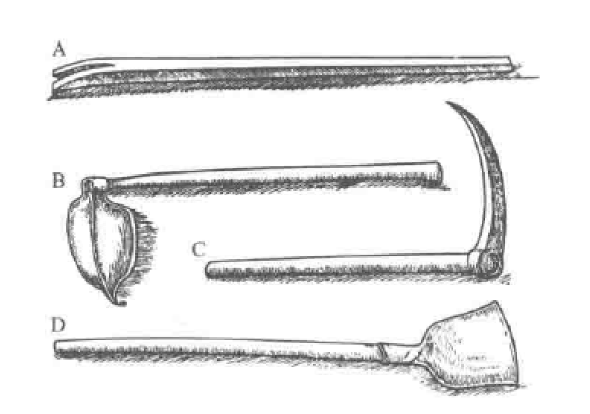
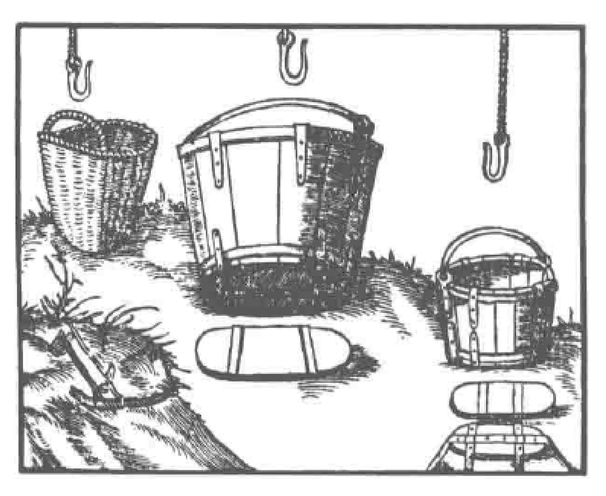


图 14　挖掘工具。
(A) 矿工矛；(B) 锄；(C) 镐；(D) 铲。1556 年。



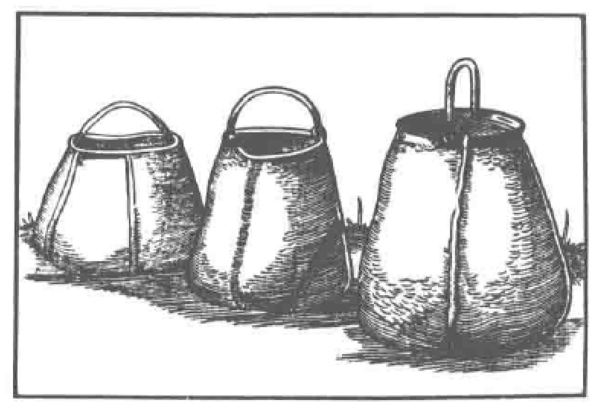
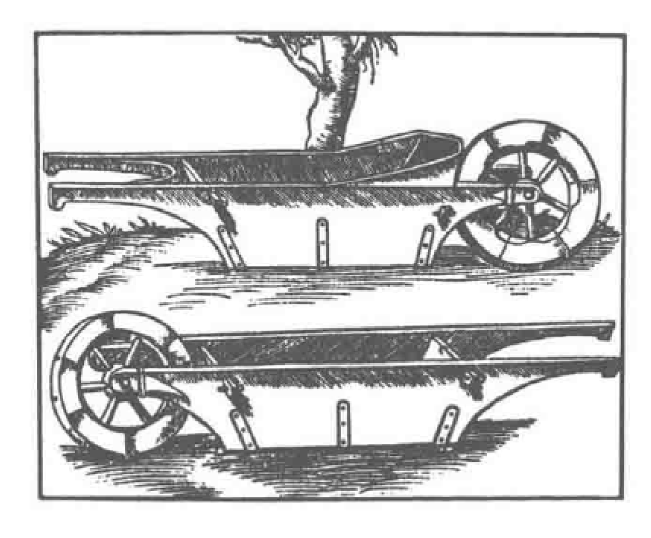


图 15　从矿井运走矿石和废料的容器。
(上) 铁箍的篮子和木桶；(下) 牛皮囊制作的桶。1556 年。

我想解释一下他们的设备，主要有 3 类：提升设备、通风设备和梯子。提升设备用来将矿井中的物品提出运走；通风设备通过进气管获得新鲜空气并送入矿井或巷道中，如果不这样做，矿工会因为呼吸困难而无法继续工作；矿工可通过梯子上下矿井[26]。



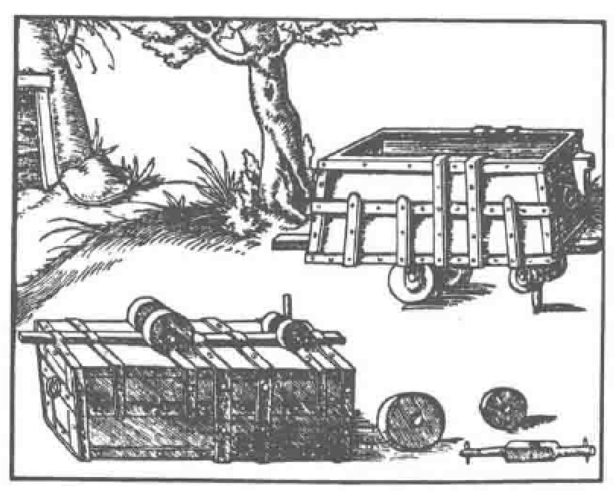


图 16 （左）独轮手推车；（右）手推货车。
“手推货车的底部有一个大的圆头杆，杆在木板的凹槽中移动能使手推货车不偏离原路”（阿格里科拉的描述）。手推货车用于在巷道中运送挖掘出来的矿物。容量大一些的手推货车适用于更大、更长的巷道。1556 年。

绞盘由 1—3 人操作，大一些的还装有飞轮。更先进的使用了齿轮，这样可以用马来拉动重物上升或下降（图 17）。一幅有趣的图画显示了马拉滑板车和一群狗用鞍驮着重物（图 18），另一幅图画显示了一对山羊转动着水车。

最常用的提水方法是使用一系列由链条串起来的舀水容器，通过人力、辘轳、畜力或者水车（在条件允许的地方采用）来提升。人们很少使用更大的容器，因为桶或者长柄勺容易破裂（图 19）。阿格里科拉在书中描述了 7 种用活塞带动吸水泵提水的方法，所有必需的零件都有详细描述：

第 5 种水泵……由 2 个或 3 个泵组成，活塞由人工转动的机器提升，因为每一个活塞连杆都连接着随之而提升的随动杆，两个曲柄推动一个桶，需要 2—4 个壮劳力来推动它……3 个泵各包含两种长度的管子，管子固定在矿井的支撑木头上。这种装置能够将水提高到 24 英尺高的地方。如果管子的直径足够大，两个泵就足够用了；如果管子小一点的话，就要用 3 个泵。这样无论用哪种方法，提升水的容



图 17　用于提升重物的马拉绞盘。
绞盘下的人正在操纵制动装置，这种制动装置有一根可提升的横梁，横梁抬起时便卡住矿井中的鼓轮。重物可以用钩子固定在铁链上。1556 年。



图18　马拉滑板车。
一群狗驮着重物，1556年。

量都是相同的[27]。

事实上，所有这些种类都可追溯到古典时期。

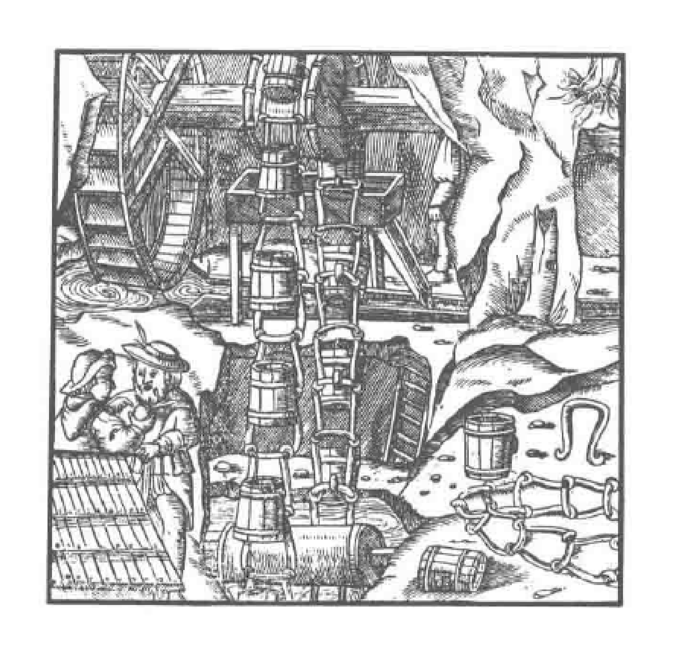


图19　矿井排水。
一串舀水容器由水车驱动，1556年。

第7种水泵发明于10年前，是这几种当中最精巧、最耐用、最有效率的，建造成本也不高。它包括几个水泵，不像第6种那样需一起放到矿井中去，而是一个在另一个下方。比如，如果有3个水泵，通常情况是，最底下的那个水泵将矿井中的

水提升至一个水箱中，第 2 个水泵从那个水箱将水提升至一个更高的水箱中，第 3 个水泵将水提升至矿井的排水沟中。一个 15 英尺高的水车将 3 个水泵的活塞连杆一起提升，同时升同时降。沿着山体流淌的溪水推动水车轮翼旋转（图 20）[28]。

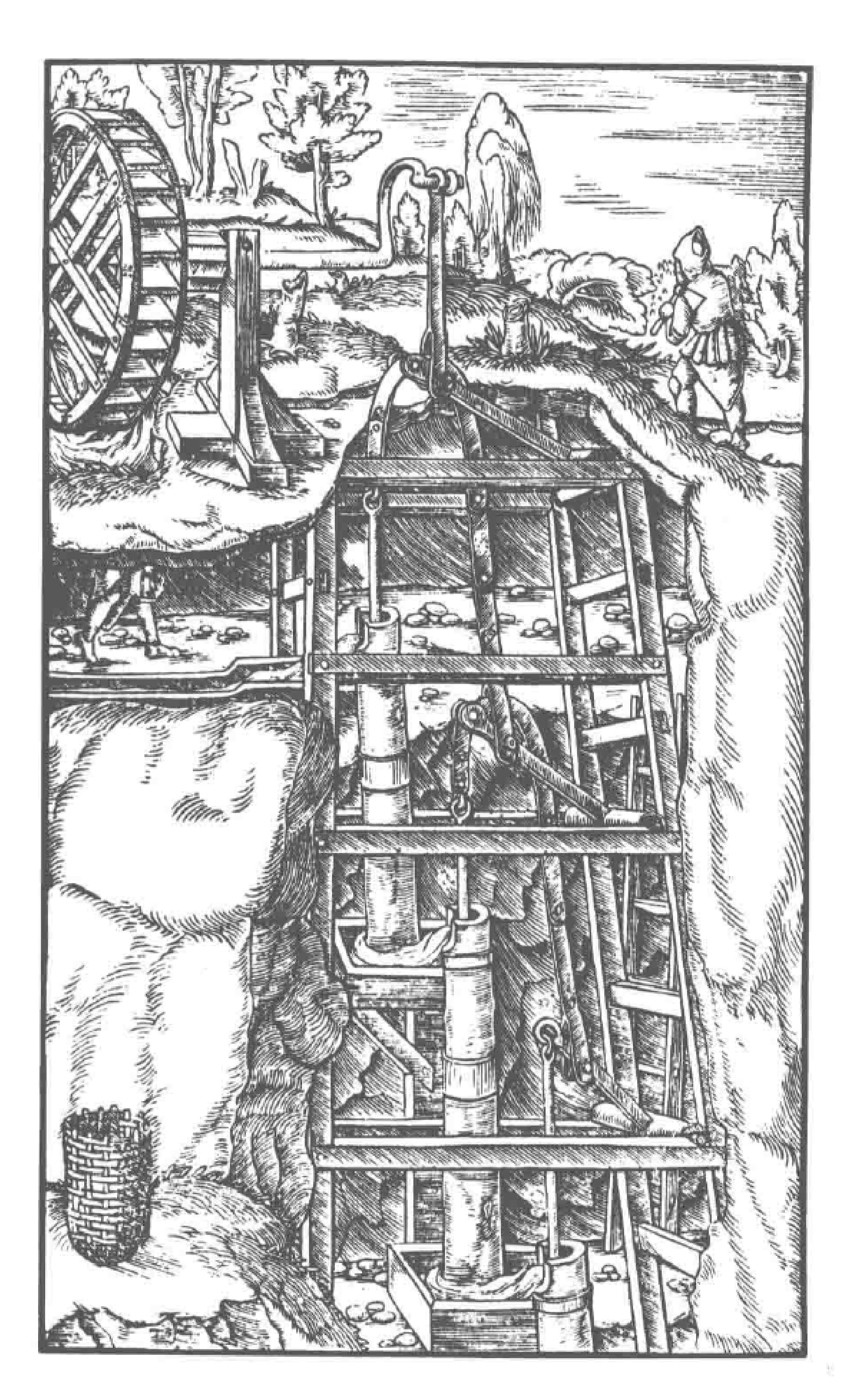


图 20　矿山排水。
三级水泵排水，由下射水式水车驱动。1556 年。

对于“棘链”(rag-and-chain)式水泵，阿格里科拉也描写得很详细。共有6种这类水泵，图21展示了其中的一种。

这种机械被用于哈茨山脉的山脚下及其邻近地区。如果采矿的需求增加，经常增添几台这种类型的水泵用于开采同一条矿脉，但是要根据不同深度而安排在不同的位置上。在谢姆尼茨的喀尔巴阡山区，有三级水泵，其中最下面的那个将水从最低的水坑中提升到第一个排水管，通过这根排水管流到第二级水坑；中间的泵将水从第二级水坑中提升到第二级排水管，通过这根排水管流到第三级水坑；最上面的水泵将水提升到矿井的排水管，并从这里流走。这个系统的三个机械装置由96匹马拉动，这些马沿着一个倾斜的矿井向下走，矿井像螺



图21　矿山排水。
人工操作的棘链式水泵。沿着链条每隔一段距离就用塞满马鬃的球填塞住链与管之间的空间，当轮子旋转的时候作为单冲程的活塞使用。1556年。

丝一样倾斜、盘旋，逐渐下降。最低的装置位于很深的地方，距离地面大约660英尺[29]。

现在我想讲一讲通风设施。如果一个矿井非常深，并且没有连接其他巷道，或者没有连接其他矿井的横巷道，或者巷道非常长而没有

19 连接其他的立井，这样空气将无法循环。在这种情况下，矿工会感到负担非常沉重，导致他们呼吸困难，有时还会令人窒息，燃烧的灯也会熄灭。因此，就必须有一种装置……让矿工呼吸顺畅，正常工作[30]。

这些通风设施包括各式各样的旋转风扇、单风箱或双风箱，有手动的也有机械的，与那些前面已经描述的一样（图22），而且最后还用布蒙上当扇叶。其中，蒙布的扇叶在很久以前就被普林尼描述成挖井时用于排除有毒烟气的装置了[2]。

阿格里科拉注意到，多数矿井被废弃是因为不能产出金属，或者在一定深度以下矿脉变得贫瘠。不过，另一个导致矿井废弃的重要原因是矿井很难保持干燥。矿井的排水问题是当时最大的工程问题之一，也是人们不断创造的主要动因。

有时矿主既没有能力将水送入巷道中，因为巷道不能在山间

20 “走”很远，也不能用机械将水排出，因为矿井太深。即使他们能够用机械排水，也不会这样做。毫无疑问，这是因为排水的费用比开发一个贫矿所能获得的利润还要高。

还有一个问题是通风，矿主通常很难克服这个困难，“有时候不是因为技术或者费用的问题，而是因为通风问题而废弃正在挖的矿井和巷道”[31]。

在这些矿井废弃的原因之外，阿格里科拉又补充了有毒的“湿

气”（德语*Dampf*，水蒸气）或者“特别的致命邪魔”等具有当时色彩的原因。有的时候，“支撑结构变得松软并坍塌，通常接下来会发生山体滑坡；只有在这个矿脉非常富的情况下，支撑结构才有可能被重建”。阿格里科拉建议最好不要再去开发荒废的矿井：

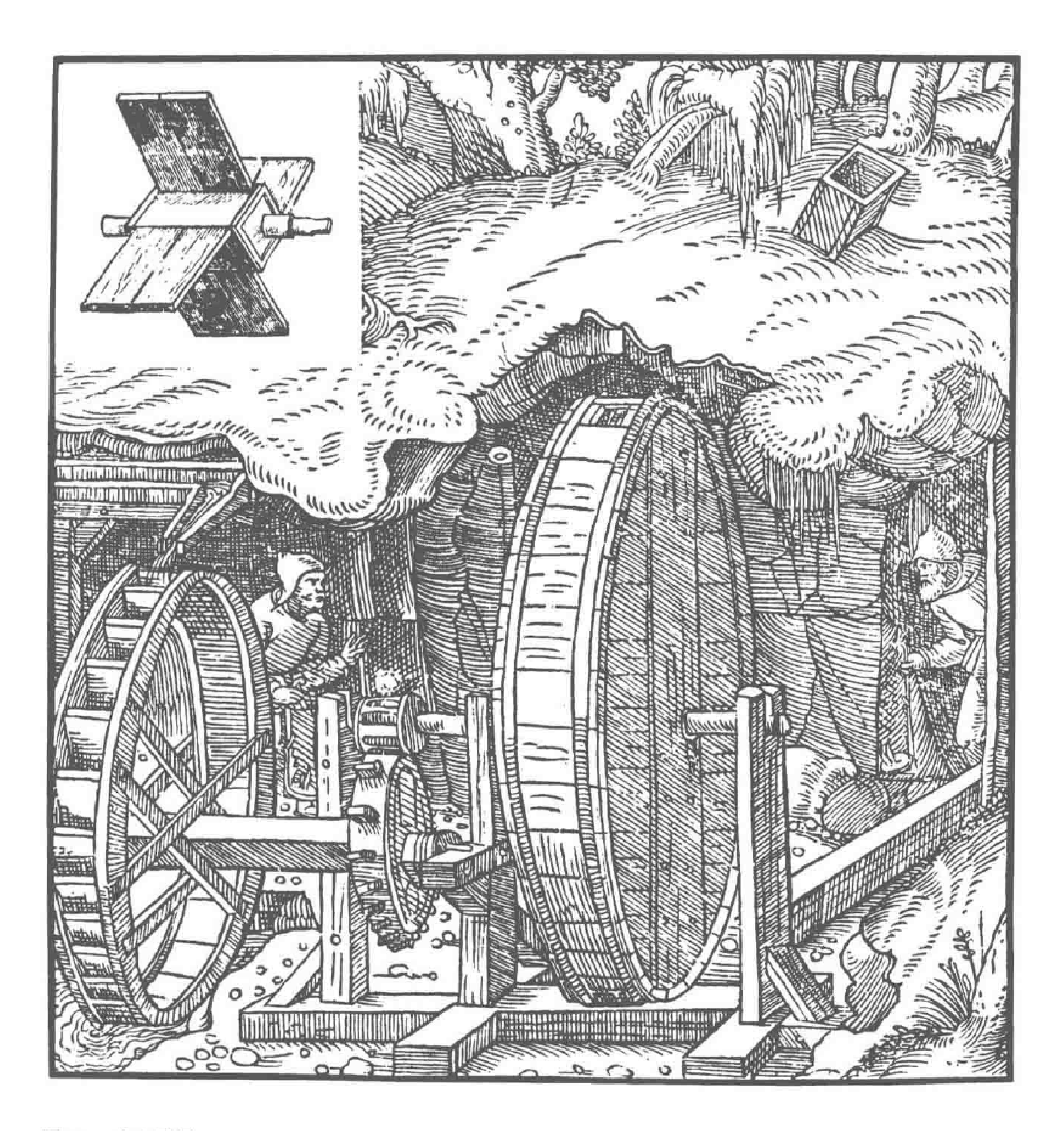


图 22 矿山通风。
风扇由上射式水车驱动。大鼓轮包括 4 片内置的带长羽毛的桨叶。鼓轮通过一根中空的管子与矿井联通。1556 年。

22 除非我们非常清楚为什么这个矿井被荒废掉，因为我们应该相信我们的祖先不会如此懒惰或没有探险精神，面对能带来财富的矿山却让它荒废着……所以我建议写下每个矿井和巷道被废弃的原因[32]。

这些是阿格里科拉时代采矿作业的一些情况。我们应该牢牢记住他最后的忠告，有必要保存好矿井荒废记录。在英格兰，这种习惯直到近年才被采纳，但是还很不完善。

一个半世纪后，英格兰人爱德华·布朗(Edward Browne)[1]去中欧旅行，在伦敦发表了他在匈牙利、塞尔维亚、保加利亚、马其顿、塞萨利、奥地利、施蒂里亚、卡林西亚、卡尼奥拉、弗留利和大半个德国的旅行见闻，"在那些地方看到了金、银、铜和水银矿"。这些游记表明，采矿方法在阿格里科拉以后并没有出现明显的变化(图23)：

23

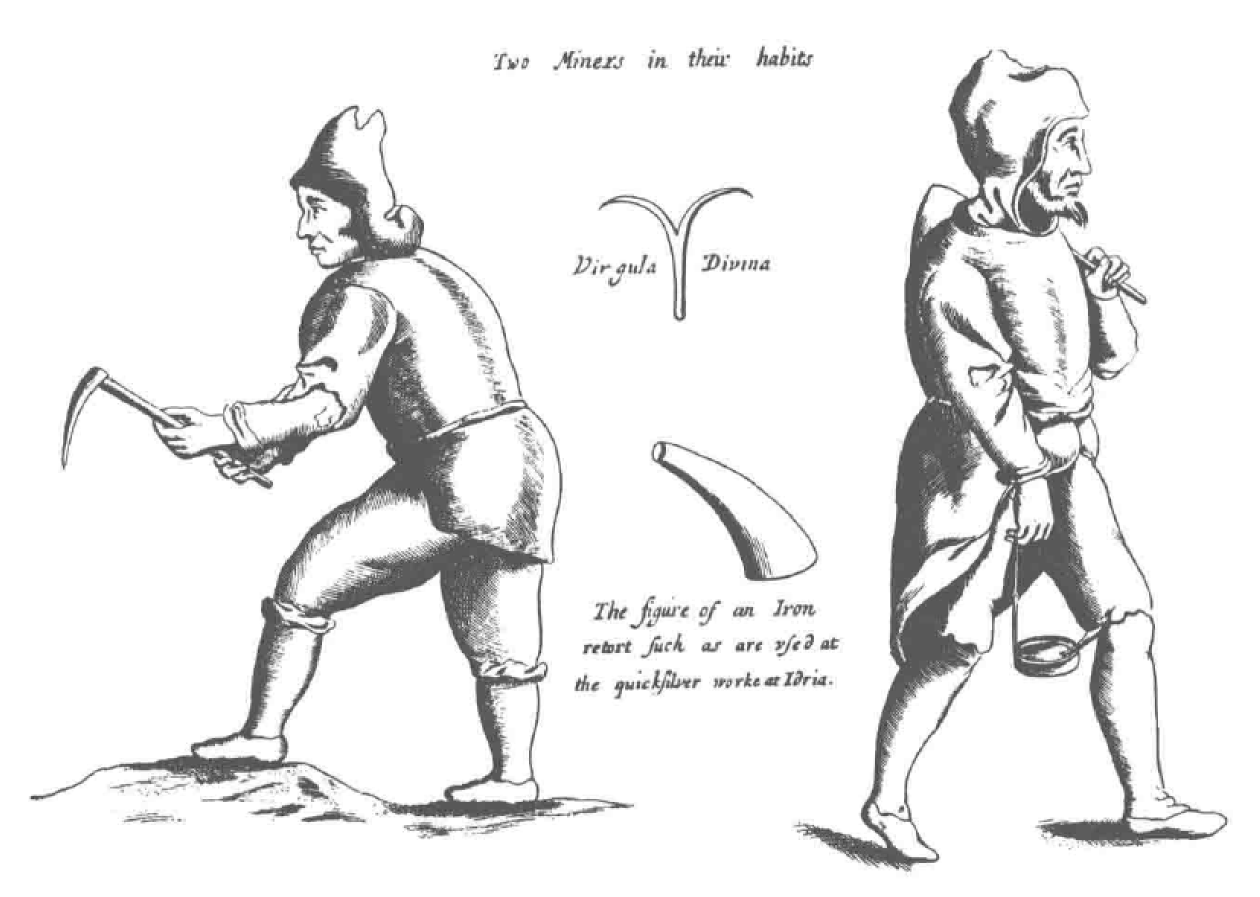


图23 矿工带着工具、灯具和探矿棒，还有一个铁质的蒸馏皿用于提取水银。17世纪。

1 托马斯·布朗爵士（Sir Thomas Browne）的儿子，《宗教医学》（*Religio Medici*）一书的作者。

在弗赖堡，当地人有许多方法开矿，并在矿井旁边进行冶炼。例如有一种银矿中含有铅，就可以用来炼铅。他们也有硫磺矿，在燃烧之后，残留的矿物有助于金属熔炼……他们的精炼炉（*Treibshearth*）或者叫作“赶炉”（*driving Furnace*）——将氧化铅驱赶出来，更像阿格里科拉图画中描述的，而不像那些匈牙利的大多数矿物都经过洗选，特别是对于最贫瘠的矿和那些混有石头、石英、长石的矿物。

24

他们先在焙烧炉里焙烧粉碎并洗选过的矿石，再将其放入熔化炉或冶炼炉中进行冶炼……在我到过的匈牙利的矿山，他们不用探矿棒或者叉形的榛木，而是直接从地上找银矿或隐藏的宝藏……我还看见另外一个矿，大约80英寻那么深，已经被开采多年了。这里蕴藏着各种各样的矿石……银和铜的，银和铅的，或三者兼有的，但是，他们仅将其作为银矿来开采。在这些矿山的深处有各种各样的湿气……粉尘是他们遇到的最大麻烦，损害着他们的肺[1]和胃，腐蚀着他们的皮肤。但是，他们并不太担心水的问题，他们有很好的机器来将水排走[33]。

1.4 希腊采石

许多希腊和罗马的采石场已久负盛名。爱琴海的帕罗斯岛和阿提卡的彭特利库斯山生产出了许多美丽的希腊大理石，斑岩和黄大理石来自罗马统治的埃及，卡拉拉的矿山已由罗马人大量开采，尽管它们后来变得更有名。即便如此，我们几乎不知道什么实际操作方面的情况。在雅典采石场中，所有与此相关的活动都由匠人（*technitēs*）来管理，这些匠人并非公民，因此在同时代的文学作品中没有体现。匠人是指几乎所有行业的熟练工人，例如石匠和木匠等，金属匠则往往用另外的名称（*chalkeus* 或者 *sidereus*）来称呼。

25

希腊建筑的柱梁技术显示出其起源于木构建筑（第12章）。大理

1　尽管现在有一个新的名称——矽肺病，但显然不是一种新的疾病。

石柱子或其他石质柱子不用大块石头，而是由一系列鼓形石组成，其中包含了石匠的精工细作。石匠似乎还得完成大量的雕塑造型，雕塑的设计者则仅仅进行初步的加工。

詹姆斯·弗雷泽爵士（Sir James Frazer，1854—1951）对保萨尼阿斯（Pausanias）所著《希腊记》（*Description of Greece*）的评述，是对采石业最好的说明。2世纪，保萨尼阿斯记录了所有智慧旅者感兴趣的事。他说，希腊最主要的采石场在彭特利库斯山，那时这些石头被用来建造帕台农神庙和其他一些5世纪雅典著名的建筑。爱琴群岛中的帕罗斯和纳克索斯分别出产白色的和灰色的供雕像用的大理石，伊米托斯山的砂岩在雅典也得到广泛应用。他对彭特利库斯采石场这样评述：

彭特利库斯山脉由一系列山峰组成，西北到东南走向，连绵4.5英里。古代的采石场在最高峰的西南边。25座山峰海拔逐渐上升，最高的一座海拔超过3300英尺。主岩沟的东边有一条古道，非常陡峭崎岖，铺设得很不平整，大块的大理石很可能就是沿着这条古道用木制滑车从山上采下来的……看起来，这条古道到主采石场就中断了，主采石场位于约海拔2300英尺的地方。这里的岩石被采走，所以留下了光滑的垂直山壁……山壁上，可以看见古代凿子留下的精美而规则的痕迹，一行行水平排列。这些痕迹显示出古人是以长方体石块的形式规则地开采大理石，首先在每块石头周围用凿子凿出沟槽，然后用楔子把它推出来，这样做的结果就是在山壁上留下了巨大的规则的切割痕迹。

这些石头是纹理紧密、纤细的白色大理石，与帕罗斯大理石——希腊雕刻家和建筑师经常使用的另一种白色大理石——有显著区别，因为它具有更好的晶粒和不透明的乳白色。帕罗斯大理石由较大的透明晶体组成，闪耀出雪白色泽……与其他所有希腊大理石相比，彭特

利库斯大理石的不同之处在于它带有少许铁的色彩。这样，当它的表面长期暴露在自然界时，就会得到那种富有金棕色的光亮表面，这是在帕台农神庙和其他建筑中非常受人欣赏的一种颜色。另一方面，虽然帕罗斯大理石的珊瑚状的晶粒比彭特利库斯大理石更容易风化，但它总是能保持耀眼的白色[34]。

26

产自伊米托斯的大理石比彭特利库斯的质量稍次，似乎在3世纪以前没有被广泛使用，但至今仍在大量开采，被用来制作墓石、浮雕和建筑装饰。主采石场在山的西边，可以看到用于将大块的石头从采石场运下山的古道遗迹沿山坡往下蜿蜒延伸。

27

柏拉图(Plato，卒于公元前347年)在他的《克里蒂亚斯》(*Critias*)中写道，雅典周边光秃秃的岩石上以前覆盖着肥沃的土壤，上面生长的大树可以作为大型建筑屋顶的材料，有些椽子保留到了他生活的那个时代。他说，现在树木已经被砍光，雨水稀少，这片土地上只能养活蜜蜂(这样的小虫)了，更确切地说，它上面覆盖着石南属植物(灌木)[35]。直到现在，伊米托斯的蜂蜜依然很有名气。

也许最令人称道的希腊采石场并不在希腊本土，而是在西西里，叙拉古的大型石灰石采石场在耶罗二世(Hiero Ⅱ，公元前269—前216)时期使用得特别多。那里有一个岩面超过27米高、2公里长(图24)。据估计，包括长廊使用的石头，有超过4000万立方米的石头被采走了。公元前413年，大约7000名雅典囚犯在此处进行采石作业。

1.5　罗马采石

罗马这座城市其实并没有用大理石大规模地建造过，尽管在奥古斯都时代和更早的时期曾大量使用过大理石。石头、砖和混凝土是常用的建筑材料(第10章)。对人们不满足于这些优质材料的奢华追求，塞涅卡(Seneca，卒于65年)和普林尼都表示鄙视。塞涅卡写道：

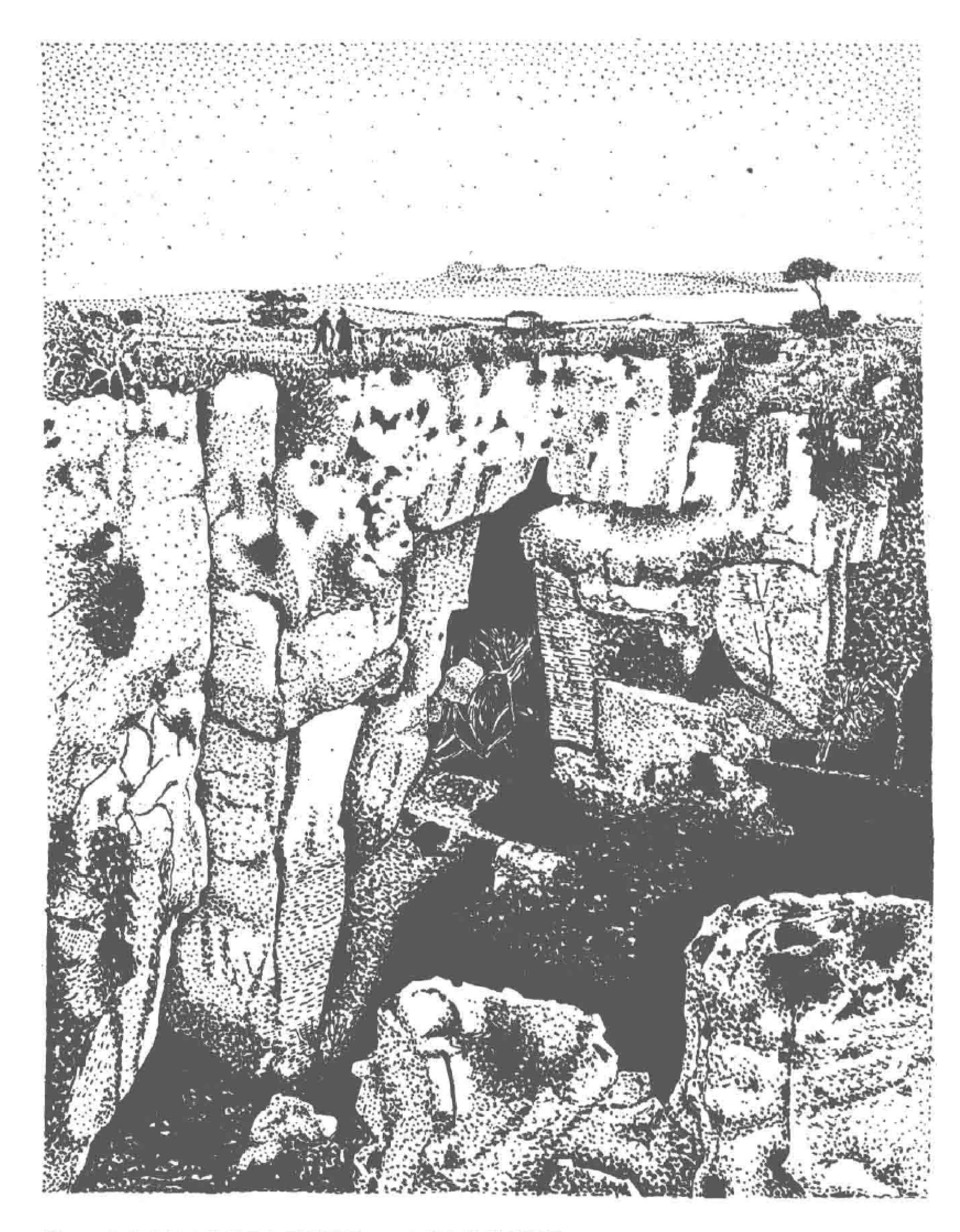


图 24 叙拉古的古希腊石灰石采石场——卡普契诺的采石场。

我发现著名的大西庇阿（Scipio Africanus）的城堡由方形的石料（白榴拟灰岩）建成。浴室非常窄小、昏暗。在这个低矮和肮脏的天花板下站立着西庇阿，他轻蔑地不去踩踏那个所谓的楼板。但是在我们这个时代，有谁会去那里将就着洗个澡？人们会认为自己是卑微、低下的，除非墙上有大量精美的圆形装饰，除非亚历山大城的大理石镶嵌着努米底亚的马赛克，边缘装饰着有许多不同颜色的如图画般的复杂图案，除非他们的游泳池用萨逻（Thasian）的白色大理石作边，就像在任何神庙中的惊鸿一瞥[36]。

钙质石灰华是罗马最早使用的石头，可以在塔尔皮亚岩石找到，构成了这座城市古老的墙面，地下墓窟和大多数大斗兽场就是用它建造的。石灰华地层大概总共有 150 米厚。在整个帝国时期，采石工作在阿涅内河右岸蒂沃利附近地区广泛进行。“蒂沃利的石灰华具有多孔性，白色或乳白色，在暴露后会变得更坚硬，容易加工成板材，适合用凿子开采。从任何一方面说，它都是一种优良的石材。”[37]从罗马共和国晚期到现在，有一个例子可以很好地说明罗马石匠的高超技艺，那就是用坚硬且耐用的玄武岩石板来铺路。李维（Livy，公元前 59—17）、维特鲁威（Vitruvius，公元前 1 世纪）和其他一些人都认为，玄武岩是硅石（silex）或者硅质青金石（*lapis siliceus*）之类的东西。在现代语言中，它是一种碱性的而不是硅酸性的岩石。所有离开首都的道路（有些要通到很遥远的地方去），“都铺上了削成多边形的硅石（*Lapis Silex*）板”[38]，这些石板的尺寸计算得相当精确，因为它们被准确而熟练地拼合在了一起。这种古代石板路的遗迹，现在还能在罗马及其邻近地区看到，例如沿着普雷纳斯蒂纳大道（*Via Praenestina*）（图 461）和亚壁古道可以到达距离罗马大约 3 英里的一个古代采石场。萨克拉大道（*Via Sacra*）就是这样一条石头铺成的道路，下水道和阴沟在当时也修建了。

28

普罗科匹厄斯（Procopius，6世纪）盛赞这条用石块铺的道路：

这条道路（亚壁古道）的宽度能够容纳两辆马车相向同时穿过。它远至卡普阿，都由自然坚硬的磨石修筑。这些石头被磨光磨平并切割成多边形，阿匹乌斯（Appius）没有用灰浆就将它们拼合在一起，贴合得非常紧密，看起来像是一整块。在经受各种车辆碾压后，它们的连接处并没有分开，也没有损坏、变薄[39]。

然而，阿匹乌斯开始还用卵石铺路，在罗马共和国时代就用玄武岩的大块石板代替了（第12章）。

世界上最著名的采石场在卡拉拉地区，那里有6个行政区。在古典时期，它们通常被统称为卢纳市，其实那仅仅是最近的一个港口城市。大理石大多数是纯白色的[1]，不过有些石头矿床有绿色的印迹，还有些石头珠光闪闪地带有粉红色。这些采石场都曾被斯特拉博（卒于约21年）提到过[40]，尽管有迹象表明更早的时期这里就有人采矿，但它们确实是在奥古斯都（Augustus）统治下的帝国时代才变得有名。使用卡拉拉大理石的著名建筑中，包括“贝尔福德的阿波罗”、君士坦丁大帝凯旋门，以及整个罗马的各式各样的柱子。提布卢斯（Tibullus）注意到，罗马的大街上挤满了装载大理石的车辆[41]。现代的加工已经渐渐抹去了古代技术留下的痕迹。

罗马帝国覆灭后的几个世纪里，就很少听说采石了。在需要建造石头建筑的地方——比如罗马，建筑石材通常就从神庙、圆形广场和市镇建筑中抢掠。在14世纪中叶，卡拉拉大理石仅有少量开采。米开朗琪罗（Michelangelo，1475—1564）重开了一些采石场，为他的那些著名雕塑提供石材，他的作品《大卫》（*David*）用的石材就采自波伐锡沃采石场。大量彩色的大理石和角砾岩也是采自这

1　纯白色的卡拉拉大理石在贸易中经常被（错误地）称作“西西里大理石”。

个地方。

29

意大利以外的罗马采石场还有几点需要说明——特别是在埃及，那里的条件有利于石材的良好保存。在埃及东部的沙漠，有一个生产角闪石花岗岩的大蒙克劳狄娜采石场，大约在克劳狄大帝（Claudius，41—54在位）时代就开始生产，当时干活的是犹太囚犯。直到现在，仍然有一根约18米 ×2.6米的石柱竖在原来的地方。由于罗马的图拉真讲坛大多采用这种石材，所以它被称为“讲坛花岗岩”，最初好像是用来研磨颜料、药物之类的研钵。大石头通过用楔子打孔的方法来切割，锯开石头则要在无刃铜刀上加入砂和金刚砂。

克劳狄也建立了特大规模的斑岩采石场。铭文显示，花岗岩和斑岩的开采一度由一个监工或者代理人监督。这些采石场位于与艾斯尤特同一纬度的埃及东部沙漠的杜汉山脉的山峰上，它们一直是帝国的财产，也许是因为其他任何地方都找不到这种纯正的“帝国紫”颜色。主采石场约高25米，有成千上万的大石头，其中包括海伦娜皇后（Empress Helena，卒于约330年）的大祭祀神石。这块约4米高、2.4米长的巨石，运输了大约155公里才抵达尼罗河边。

据推测，埃及的雕刻匠既使用斑岩也使用玄武岩的石材，工具既有石球也有青铜工具和金刚砂（第Ⅰ卷，边码478）。镶有大约1.6毫米长的方形刚玉齿的铜刀，已经在梯林斯（Tiryns）的希腊宫殿中找到，可以用于切割石灰石。切割坚硬的石头，可以用无齿的铜刀，刚玉的坚硬晶粒已经嵌入了铜中。对于切割硬物来说，这种刀仅次于金刚石。

“斑岩”（porphyry）这个词汇原意为紫色的（石头）。不幸的是，地质学家已用这个名称来表示一类不同于这些采石场出产的石头。在现代术语中，“斑岩”这个词汇是一个普通词汇，表示在细粒基体中具有相对大结晶的火成岩。这些描述正与普林尼的“绿色莱西底蒙大理石”相符，它们从斯巴达和马拉松之间的采石场开采，有深绿色的长

石质的基体，上面包含少量淡绿色或者棕色的晶体。

由于在罗马使用得十分普遍，埃及产的帝国斑岩在君士坦丁堡被称为“罗马石”，许多用它制成的柱子和石块在帝国晚期从罗马搬来。君士坦丁（Constantine）竖起了一根30米高的立柱，由8根长3.4米的鼓状石料组成，这是一位石匠的精心杰作，尽管他发现在连接处还需要覆盖一些镀金的铜质月桂花环（桂冠）。他还在宫殿中建造了著名的紫色斑岩房间，内衬这种材质的石板，皇后要到这个房间里面去生养孩子。这样，*Porphyrogenitus*——“紫色中出生”——就是给皇家成员的称号。博学公主安娜·康内娜（Anna Comnena，1083—1148?）细致描述了这间房间，她自己也是在这里出生。

30

意大利之外的最著名的罗马采石场，首推大马士革附近的巴勒贝克。在那里，安东尼·庇护（Antoninus Pius，138—161）为朱庇特建造了一座神庙，里面有3块巨大的石灰石，尺寸为63英尺×13英尺×10英尺，比任何时期用于建筑的石头都大（图376）。还有一块更大的石头还在开采过程中，并未完全脱离基体，尺寸是69英尺×14.5英尺×12英尺，重量约1500吨（图377和图版2A）。

可以与之相比的是在伊西翁开采的绿色蛇纹石，位于海湾尽头附近的拉科尼亚。据保萨尼阿斯（Pausanias）说，那里的石头“不是连续的一块，而是可以像卵石一样挖掘出来。它们很难开采，但是一旦成功，就能够为上帝的祭品增色，它们特别适合用于那些装饰考究的游泳池和喷泉”[42]。

在奥登林山（德国黑森），罗马人还有一处保存很好的花岗岩采石场，那里的石头被用于建造许多城镇，包括奥彭海姆、美因茨、曼海姆、特雷夫斯、威斯巴登和艾克斯拉沙佩勒。在山坡上仍然能发现切割石头剩下的碎片，存留下来的石头为描述方便起见而被命名，可以发现它们处于材料准备期的各个阶段，显示了罗马石匠的工作方法。例如，“金字塔”被用楔子打洞的方式沿两条水平方向的直线分成了

三大块。为了建造柱子，从“祭坛石”中已经移走了两块大石头[43]。这块祭坛石有3—5码长，差不多6英尺高，从技术方面来看它也许更有意义。那些用锯子精确切割的深痕，暗示了要按20—24英寸厚度进行剥离的意图。遗留下来的孔洞表明，楔子在这项工作中曾经被使用过。

在这个过程中，在需要更高曲率的时候，当然需要利用断口表面自身呈现出的一定的弯曲形式。使用的锯刃长度最少一定得有15英尺，生产出来的切缝只有1/6英寸，这并不比最现代的框锯的锯缝宽……那个所谓的“巨柱”……也是非常振奋人心的。它的长度为30英尺，下端的厚度是5英尺1英寸，上端厚度4英尺1英寸，这样体积就超过9立方码，重约15吨。在切断柱子的时候，还要用很深的切口标记柱子的长度。然后，这个柱子的一半被加工至差不多完工的状态。沿着这个半圆柱的边缘，在岩石上凿开了一个深槽，沟槽中间凿出大量的楔孔。当插入楔子并浸入水中吸足水后，柱子的后面以凸形爆裂开，这是由于通过膨胀的木楔会产生半圆形的张力……当大块石头被剥落下来并准备好以后，最后一道工序就开始了，它们被切割成合适的尺寸，用差不多和我们如今还在用的相同的方法和工具进行打磨、抛光[44]。

31

从这些采石点的遗迹来看，很明显的是切割所用的几乎都是手工锯，但是到4世纪末或更早的年代，动力锯开始使用了。在他关于摩泽尔河的诗（约370年）中，奥索尼厄斯（Ausonius）提及一条小溪“将磨石猛烈旋转，驱动着尖叫的锯子，去锯那光滑的大理石（石灰石）块，不断的喧闹声传遍两岸”[45]。这条溪流刚好在特雷夫斯的下游进入了摩泽尔河，所以溪中运输的石灰石能够代替奥登林山用手工锯出来的更硬的花岗岩。奥索尼厄斯还偶尔提到，磨石很可能采自莱

茵河畔安德纳赫附近下门迪的火山岩，从很早的时候就开始使用。许多石材还从罗马出口到不列颠，这样的例子能够查到30个。直到现在，人们还在开采这种石头。

罗马建筑用石的优良品质，很大程度上归功于精挑细选，以及在采石场的预先风化处理，这也是实践经验丰富的维特鲁威的建议[46]。在罗马的采石场，大块石头用数字进行了仔细的标注，除了记录它的产地，很多情况下还会标有日期。

不列颠的大部分采石场都是在罗马统治时期使用的，最知名的就是“哈德良墙”，它从诺森伯兰的沃尔森德海岸一直延伸到坎伯兰的鲍内斯海岸（图版40B）。墙体上的石头都得到了辨识，其中大多数是粗砂岩。部分墙体还留有同时代的石刻，其中最有名的是在布兰普顿附近的公元207年的“格尔特石刻”，它表明罗马第二兵团曾在那里驻扎。

用于这堵墙和哨所的石头都经过非常仔细的挑选：

在沿线的一些地方，特别是在坎伯兰，这些石头往往要经过7—8英里路运到这里来。石英质粗砂岩通常会被挑选出来，因为它不仅坚硬，其韧性也给了砂浆以很好的骨架。在墙中方石的后面，墙体内由混有砂浆的毛石砌成。石头暴露在空气中的部分沿“纹理”切割，这样能够避免沿分层线剥落。朝向尾部的石锥也插入墙体中间，连接在一起的瓦片——伦敦罗马墙的一大特色——都被一起省略了。这里述及的石头形状和尺寸，仅仅是在采石场里最容易加工、最方便军团士兵驮运，同时也最容易固定的[47]。

在约克，可以看到罗马人在使用前非常仔细地挑选矿床，并在采石场使石头熟化。镁质石灰石来自塔德卡斯特附近的哈特斯顿采石场，这些石料能够借助约克河的潮汐作用向下运至沃夫或向上运至乌

32

斯。罗马墙上方的多角塔里面的罗马石头，现在仍然跟刚刚建造时一样新，风化严重的石头尽管尺寸更大一些，却是1000多年后建造的。在主教山的圣玛丽教堂，大多数砖石建筑属于撒克逊时代，它也包括一些再次使用的罗马石头。在赛伦塞斯特的一个专门建造罗马纪念碑的石匠的园子里面，大多数的石头都是一个非常近的采石场生产的大鲕粒岩，但有一块祭坛基座用的是巴思的石头。当这位石匠在这座城市里建起刻有自己名字的祭坛时，可能是用巴思石来制作最好的部分。罗马在巴思的采石场已经与在布卢姆菲尔德附近的福斯路连成一体了，这条在城市南部的道路，也许已经远通到英吉利海峡。有证据表明，这种石头既可以开矿挖掘也可以露天开采。巴思石的使用远至雷丁附近的锡尔切斯特。科尔切斯特的雕刻作品也被鉴定出是巴思石制的。

现在说罗马人差不多使用了英格兰的每一种建筑石料，应该一点也不夸张。石灰华对于罗马来说是很熟悉的，它一经发现便很自然地成为受欢迎的材料并得到了利用，也在梅德斯通（肯特郡）、德斯利（格洛斯特郡）、莫尔顿（约克郡）等地使用。屋顶主要用瓦片，但是片状的石头同样受到欢迎。在坎伯兰、威尔士、查恩伍德（莱斯特郡）等地，还能发现罗马时期使用的石板。斯通菲尔德（牛津郡）石板的使用可以远到东部的白金汉郡，彭南特石（来自南威尔士）也在威尔特郡的道恩斯出现（边码415）。

1.6 罗马之后的英格兰采石

罗马人撤走后，石头切割的技术很快陷入停滞状态。5世纪初，不列颠人被送去帮助罗马，但是只有一个军团返回。“即使如此，”比德（673—735）说，“岛上的人建立起用草皮建成的安东尼墙，正如已经指出的那样，它不是用石头建成的，没有工匠能够从事这么庞大的工程。”[48] 比德还提到，韦尔茅斯的圣本尼狄克（St Benedict）在大

约650年穿越高卢的时候，带回来一些石匠去建造一个教堂，并为此引进了一些英格兰当时没有的釉匠[49]。

巴思和科茨沃尔德的鲕石开采大约起始于撒克逊时期的675年。传说中，马姆斯伯里和舍伯恩的教堂原先都是用木头建造的。圣奥尔德海姆（St Aldhelm，卒于709年）旅行到罗马后，带着他的修士们进入到这个地区，抛下手套说："就在这里挖吧，你能够挖到巨大的宝藏。"他所说的"宝藏"就是这些日后用来重建教堂的石头。为了纪念这一事件，今天的巴思和波特兰石业公司还有一个商标是"圣奥尔德海姆手套"。

33

在英格兰北部，撒克逊人总爱用粗砂岩而忽略镁质石灰石，后者只有到了诺曼时期才被重新引进。这样，甚至在东约克郡的荒野中，"撒克逊"式教堂建筑也是用穿过石灰岩露头和约克谷地带来的粗砂岩建造的。在利兹附近的莱德舍姆教堂，塔楼和一些其他具有撒克逊时期特征的建筑部分，使用了至少8英里以外的砂岩，本地产的镁质石灰石，在教堂的13世纪、14世纪和15世纪风格的建筑部分才使用。同样，世界闻名的有雕刻并有铭文的北方撒克逊十字架也是粗砂岩质的。在科灵厄姆也有这样一个大约650年的十字架，但是在同一座教堂的园地里面，还有一个属于12世纪的用本地石灰石建造的十字架。在约克大教堂，那个被称作"约克的圣母"的多边形雕像也许标志着这种转变，它很可能是运用诺曼人的技术复制撒克逊绘画手稿制成。诺曼人以前的石匠显然不会在石灰石上雕刻，因为那需要锯子、锤子和凿子，而粗砂岩的刻凿只需要少量的刺戳和许多的耐心。也许，这个石刻的主题与约在850年征服北部的丹麦人有关。

自从诺曼人征服开始，不列颠就常有关于采石场的记录和赋予开采建筑用石权利的文件。由于石料的价格主要取决于运输，利用最近的资源就显得很自然了，有时候也决定了建筑的选址。这样，正是因

为恰巧在附近发现了一个合适的石头矿床，征服者的巴特尔修道院才能够建造得如此宏伟，被视作一大奇迹。然而，有的时候石头也会采自很远的地方，例如诺曼底著名的卡昂石灰石就大量用于不列颠，尤其是在其东南部。人们很快发现，尽管英格兰的石料无法进行细致的内部装饰雕刻，但它很适合用作外部材料。如果一个要建设修道院的地方没有合适的石头，就经常从其他地方开采后通过水路运过来（边码 428）。

约克大教堂的石料来自哈德斯顿的泰弗斯德采石场，沿塔德卡斯特向下游运到沃夫河，再从斯泰普尔顿沿着艾尔河而下直到乌斯河，接着再上岸到圣莱昂纳德的码头，然后再通过平底雪橇运到石匠的工场。威斯敏斯特和伦敦的建筑石料，主要由萨里……肯特……等地提供。坚硬的“肯特条石”（罗马人修建伦敦墙的时候曾经使用过）对粗石工匠的要求更高，在一份 1389 年关于建造塔边码头的合同中，规定了墙体的内部应该用“条石”，而表层则用“肯特灰浆”。另一方面，赖盖特石料具有更高的质量，也更适合于精细的工艺，我们发现它一直被用于绘画、雕刻的壁龛和窗棂等[50]。

有部分采石场在早期就赢得了很好的名声，例如德文郡的比尔。从那里开采的迷宫式走廊中的石料，1362 年被运至威斯敏斯特的圣史蒂芬教堂，1367 年又运到了罗切斯特及其他地方。巴思石料主要是从威斯特郡的博克斯附近采来的，在 1221 年运进了位于温切斯特的皇家宫殿。

34

波特兰石料在 14 世纪就得到了人们的赏识，被用于埃克塞特大教堂和威斯敏斯特教堂的建造。1367 年，罗切斯特所需石料的一份清单很有意思，展示了石头不同的来源。他们买了 55 吨比尔碎石、62 吨卡昂石料、45 吨斯泰普尔顿碎石、44 吨赖盖特石料、195 吨来

自萨塞克斯的菲尔莱特石料、1850 吨来自梅德斯通的条石以及大量来自肯特的蒙德尔西的石料，购买这些石头的价格也很清楚。1666 年那场著名的伦敦大火之后，波特兰石料在雷恩（Wren）的手上获得了最好的名声，并从此成为伦敦建设的主选石料。

制作投石机使用的石球是一种没有多少技术专家会想到的应用，主要在肯特郡制作。这些石球最初主要用于各式各样的弩炮（第 20 章），但在很长时间里也被用作炮弹，直到被铸铁替代。到亨利八世（Henry Ⅷ）的早期，梅德斯通采石场就已经开始生产石头炮弹。

真正的板岩在康沃尔和德文开采，不仅用于天花板，也用于给花岗岩墙作饰面，因为花岗岩墙的连接部分容易吸潮。康沃尔板岩的使用可以追溯到 13 世纪，但这种使用在威尔士和坎伯兰很长时间里只是地方性的。对于天花板来说，使用侏罗纪岩石中的片状石灰石（如科利韦斯顿、北安普敦、斯通菲尔德等地的例子）能够追溯到罗马统治时期，这在整个中世纪时期仍然很流行。

尽管在今天的建筑中几乎主要用于水泥的制造，但白垩在当时至少有下列三个主要用途：(a) 早期，较坚硬的部分石头通常以硬质白垩之名用作教堂建筑的建筑石材，例如伊利大教堂、圣阿尔班教堂、温莎城堡和其他一些农村教堂，以及剑桥学院的一些建筑。(b) 大量的白垩也被用来烧制石灰。在肯特的奇斯尔赫斯特，总长度约有 3 英里的长廊就是用这种白垩建造的。(c) 在埃塞克斯和肯特，大量的白垩以前并非烧制而得，而是通过打穿矿区表层的窄井直接获取泥灰而得。这些在白垩中开挖的矿井被称作砂硐。在阿格里科拉的《论矿石的性质》（*De natura fossilium*，1546 年）一书中，记录了关于这项操作的早期文献。他把白垩描述为一种漂白土，认为这是“在英国和法国形成岬石的那种石头，以前还被用于肥田”[51]。

35

既然谈到了白垩，就不得不谈到燧石，它作为矿物结核存在于白垩中。在新石器时期或者更早时期，燧石就已经被使用了（第 I 卷，

边码 558)。为了建筑的目的，燧石有时候被仔细地制作成大致的柱状物，并被放入砂浆当中。这些有棱角的燧石偶然会与白垩、卡昂石或其他稍显白色的材料交错使用，产生出花纹的效果。在东英吉利经常会有这样的建筑，其中包括诺里奇的市政厅。在砂浆中混有不易碎的燧石，是东英吉利和其他地方建筑的一种古怪的特征。当加工过的石料能够用于角落的处理时，这种材料还是令人满意的。在那些不产石料的地区，即使是那一点石料也太宝贵了，建筑者就会去掉拐角，教堂的高塔就此呈现出圆形。

也许说起来很奇怪，在英格兰建筑中最硬的岩石来自于泰晤士盆地的第三纪石矿床，而那里的其他石头却是软的，无法使用。砂岩漂砾（没有砾石）和赫特福德郡的布丁岩（有砾石）仅在一些独立的巨大石块中被发现，那些石块有 12 英尺长、50 吨重，包含石英砂和强度很高的硅质水泥。这些大石头散布于白金汉郡、牛津郡南部、赫特福德郡，被大量用于温莎城堡的修建，并经常用于当地小教堂的地基建造。

到目前为止，最重要的英格兰建筑用石料是来自侏罗纪的鲕粒石灰石。它们大多数被用于牛津的建筑，因为那里靠近这些石头的生产中心。这些都经过了特别调查，采石场被开掘的过程、采石的具体时间、石料的耐气候能力以及使用的工具等情况，已经公之于世。

位于地质年代偏下的是泰顿石料，以及在牛津郡的温德拉什峡谷的其他几个采石场开采的石料。这些在《末日审判书》(*Domesday Book*, 1086 年）一书中已经提及，但有证据表明它们在此前 1000 年就已经开始使用。它们切割后大多留有“石面截槽”(深槽)，在许多古老的石头表面上能够看见极具特征的人字形痕迹。在《牛津郡的自然史》(*Natural History of Oxfordshire*, 1677 年）一书中，普洛 (Plot) 描述了他那个时期生产的单块重 100—300 吨的石头，有 16—100

立方英尺，还记录了一块30立方英尺的大石头[52]。尽管有差异，但或多或少有相似之处，同一地区生产的石头不仅在牛津使用，也用于温莎城堡。最近，在拉特兰的克利舍姆等低鲕粒石地区，对古老建筑物的大量修理和一些新建工程已经开展起来，那里的霍利韦尔采石场其实从中世纪起就开始开采。在1363—1368年，克利舍姆石料也曾在温莎城堡中使用过。在牛津和其他地方，许多石料由于使用铁箍而被损坏，这是因为这种铁箍被腐蚀后膨胀，会导致被包扎的石料剥落。

36

我们现在对于古代采石匠的工具知之甚少，这是因为它们都长时间地暴露在外面而很少保留下来。但是在这么漫长的岁月中，这些工具的外形也没有什么变化。图中选择的工具样式，实际上并没有

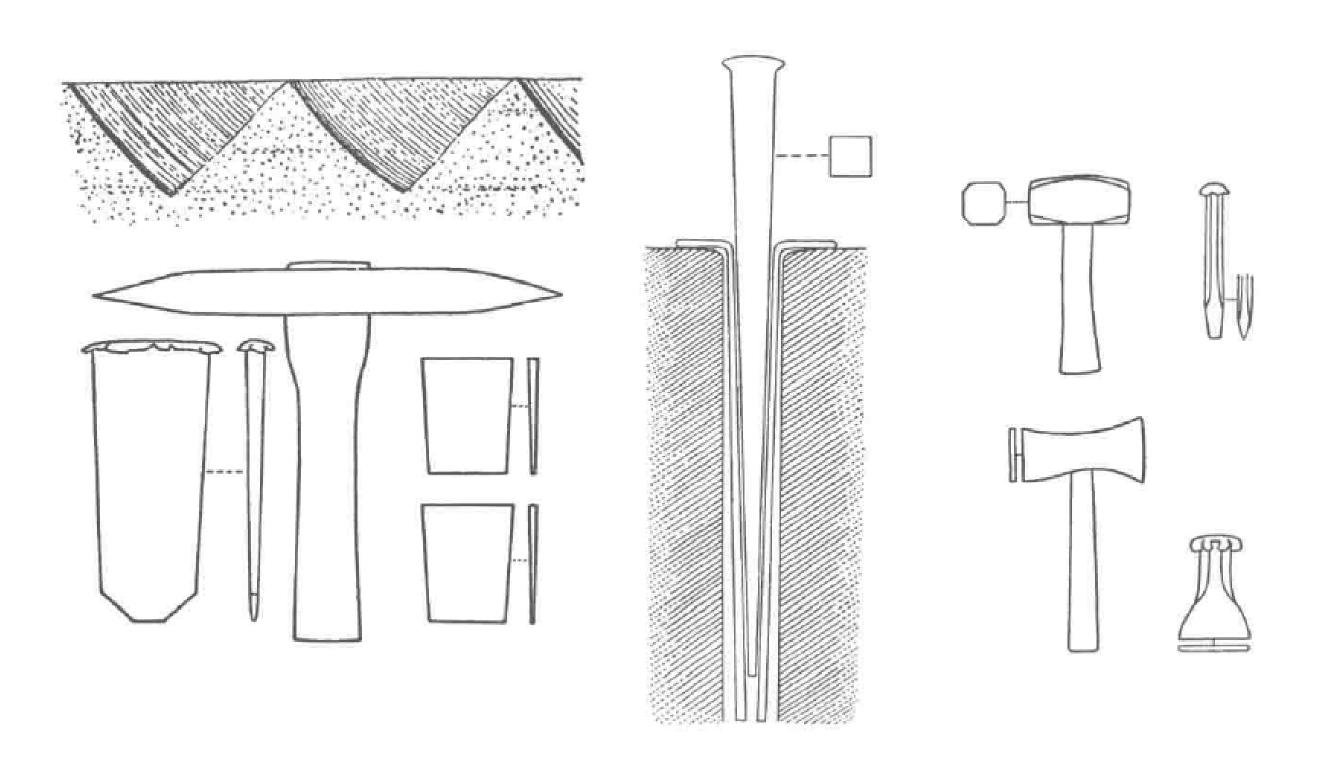


图25　在牛津郡使用的现代工具，用于采石和加工建筑用石的形状。
(左边一组) 带有一个销柄和两个翼的双刃斧，在采石场中用于劈开石头。一系列规则的砍痕（如上图所示）是沿着裂线进行砍劈的。每件物品都有两个翼，在它们中间有一个大的钢质楔子被锤进去了。
(中间) 也是用于采石中的劈石，插入的东西与两侧的舌榫被放置于一系列18英寸深的洞中，这个插块是用锤子锤进去的。
(右边一组) 石匠的工具。上面的，锤子和锤钉；下面的，墙锤和斧凿。用墙锤的钝边或者用锤子和斧凿可以产生粗糙、凸出的墙面。墙面可以用锤子和钉子来平整，更好地磨光墙面需要用尖锐一些的墙锤。

随着时间的推移而变化（图25—26）。



图 26 石匠的斧子和砖工凿。
砖工凿是石雕匠用来刨平的一种宽刃的凿子。来自牛津郡的艾得伯里教堂一个 1643 年的黄铜器。

各式各样的石料在各个时代和各种场合被用于装饰。在英格兰，这些石料的代表主要是两种“大理石”和雪花石膏。珀贝克“大理石”其实是一种深灰色或者棕色的泥质石灰石，充满了一种淡水蜗牛 *Paludina*（田螺属）的白色化石。它抛光性能良好，在侏罗纪层顶部附近有发现。一种类似的岩石——萨塞克斯“大理石”——也来自淡水地区，河口是原产地，在接下来的白垩纪层的底部附近被发现。根据这种石料生成的最理想的位置，它也被称为佩特沃思“大理石”。珀贝克的采石业以多塞特的科夫城堡为中心，曾经是皇室的特权所有，它好像已经取代了从海峡另一边开采的深色的图尔奈“大理石”。从另一方面来说，珀贝克柱子在布列塔尼的圣米歇尔山有过应用，但又被那些无法区分它们产地来源的修补物所取代。此外，珀贝克石料还在利雪的大教堂中发现过。

许多珀贝克石料的碎片（年代可确定为 1 世纪）已经在多塞特的斯塔德兰的罗马人定居点被发现了。1205 年，它被用于建造奇切斯特大教堂，这从某种程度上来说要早于达勒姆，甚至早于都柏林。它的主要用途是在一簇支柱中间建立单个细小的柱子，例如在坎特伯雷（1175 年）、伦敦、威斯敏斯特、埃克塞特、伊利、林肯和达勒姆。同时，它也用于一些斜靠的雕像。

“大理石”不仅在珀贝克生产，而且大部分都当场制成柱子，或者雕刻成图案。数以百计的珀贝克雕像遍布整个国家，但无论我们如何敬仰这些成果，都不应该认为这些雕像与它们所纪念人物的形象相

似，大部分仅仅是形式上的。例如，1253年亨利三世（Henry Ⅲ）命令多塞特的行政长官将一个“女王的雕像”挖起，运到塔伦得凯恩斯顿的女修道院，放在他的姐姐——已故的苏格兰女王的坟墓前。一具雕像只有头部的话，会经常作为装饰品。无论在珀贝克还是在其他地方，也无论用石材或木材，雕刻家们总是利用一切机会展现他们自己的形象，或者是同时代的人像，甚至是漫画形象。

雪花石膏是多种钙硫酸盐的通称，经常富含于晚三迭世上层形成的红色灰泥岩中，与另一种完全结晶的透明石膏相比，都可以称为石膏。雪花石膏的采石场主要分布在斯塔福德郡的塔特伯里和德比郡的切勒斯顿，但在激烈竞争之后，它主要出产于诺丁汉 。在约克接近塔兰托河下游和乌斯河上游的地方有一个雪花石膏雕刻学校，雪花石膏的作坊则在伦敦、林肯、布里斯托尔和其他一些地方被发现。这是一种很软的材料，能够抛光，可以很好地适应各种精细雕刻的需求，普遍适应性可从其“缎晶石”的称呼中得到暗示，纯白色、耀眼、纤维质、有光泽。它已知的最早应用是1160年在塔特伯里作为诺曼人甬道的模子，大规模的使用则还是在14世纪中期以后，那时它常用来雕刻雕像或祭坛屏风上的小型浮雕材料，后者又被称为祭坛装饰。所有这些，使得英格兰的雪花石膏出口贸易迅速扩展，例如运往冰岛、西班牙、意大利以及所有途经的国家。许多现存最好的样品都在国外，因为在那里它们躲开了大规模的打破旧习运动。

这些雪花石膏雕像中，最有名的是在格洛斯特的爱德华二世国王（King Edward Ⅱ，卒于1327年）雕像，头部造型相当精美。此外，还有在威斯敏斯特的其子埃尔特姆的约翰（John of Eltham，卒于1336年）的雕像。在神坛上边的装饰物中，耶稣受难的完整场景在那不勒斯保存完好，中央有钉在十字架上的耶稣，两侧各有三个附属的场景和很多天使等。这些场景大量用彩色绘画或者镀金，仅在裸露部分用了没有装饰的雪花石膏，现在大部分的颜色已经脱落。位于温莎城堡

的加尔特教堂中，其神龛上的装饰物花费了200英镑——在当时来说是一大笔钱。它采用诺丁汉的石膏，用10辆8匹马的马车花了17天才运到。在一些例子中，实际工作的雕刻工匠被认为是非常重要的，他们的名字在作品中被提及。

39

相关文献

[1] Strabo IX, C 399.(Loeb ed. Vol. 4, p. 274. 1927.)

[2] Pliny *Nat. hist.*, XXXI, xxviii, 49. (Bohn ed. vol. 5, p. 490, 1856.)

[3] Demosthenes Contra Pantaenetum, 26–29 (XXXVII, 974). (Loeb ed. 'Private Orations', Vol. 1, p. 392, 1936.)

[4] Polybius XXXIV, ix, 8–11. (Loeb ed. Vol. 6, p. 318, 1927.)

[5] Polybius XXI, xxviii, 15. (Loeb ed. Vol. 5, p. 300, 1926.)

[6] Strabo III, C 146–8.(Loeb ed. Vol. 2, pp. 38, 44, 46, 1923.)

[7] *Idem* III, C 144. (Loeb ed. Vol. 2, p. 32, 1923.)

[8] Dioscorides V, 96, i–ii. (Ed. Wellmann, Vol. 3, p. 67, 1914.)

[9] Pausanias III, xii, 10. (Loeb ed. Vol. 2, p. 76, 1926.)

[10] Bede, the Venerable. "The Seven Wonders of the Worl." in 'Complete Works', Latin and English ed. by J. A. Giles, Vol. 4, p. 13. Whittaker, London. 1844.

[11] Pliny *Nat. hist.*, XXXIII, xxxi, 97. (Loeb ed. Vol. 9, p. 74, 1952.)

[12] *Idem Ibid.*, XXXIII, xxi, 71. (Loeb ed. Vol. 9, p. 54, 1952.)

[13] Lucretius *De rerum natura*, VI, 806 ff. (Loeb ed., p. 500, 1924.)

[14] Haverfield, F. J. "Romano- British Somerse." in Page, W. (Ed.) 'The Victoria History of Somerset', pp. 334 ff. Constable, London. 1906.

[15] Davies, O. 'Roman Mines in Europe', pp. 13 ff. Clarendon Press, Oxford. 1935.

[16] Caesar *De bello gallico*, V, xii. (Loeb ed., p. 250, 1937.)

[17] Agricola, Georgius. *De re metallica*, English trans. by H. C. Hoover and Lou H. Hoover, p. 5 and footnote 11. Mining Magazine, London. 1912.

[18] Pontoppidan, Erik(the Younger). 'The Natural History of Norway', part 1, pp. 183 ff. Linde, London. 1755.

[19] Tacitus *Germania*, v. (Loeb ed., p. 270, 1914.)

[20] Theophilus Presbyter *Schedula diversarum artium*, III, 46–48. Ed. and trans. by A. Ilg, p. 219. Quell. Kunstgesch. Kunsttechn., Vol. 7, 1874. The text in most manuscripts gives the river as Gihon, but see Gen. ii. 11. on Theobald's more recent edition of the work and the latest theory on life and date of its author see p 351 and ref.[6].

[21] Carew, Richard. 'The Survey of Cornwall', fol. 8^v. Stafford for John Jaqqard, London. 1602.

[22] Agricola, Georgius. Bermannus. Froben, Basle. 1530.

[23] *Idem. De re metallica Libri XII.* Froben, Basle. 1556.

[24] *Idem Ibid.*, trans. by H. C. Hoover and Lou H. Hoover, pp. xxix ff. Mining Magazine, London. 1912.

[25] *Idem. Bermannus* (in a collection of treatises by Agricola), p. 432. Froben, Basle. 1546.

[26] *Idem. De re metallica*, trans. by H. C. Hoover and Lou H. Hoover, p. 160. Mining Magazine, London. 1912.

[27] *Idem Ibid.*, pp. 181, 184.

[28] *Idem Ibid.*, p. 184.

[29] *Idem Ibid.*, pp. 194–5.

[30] *Idem Ibid.*, p. 200.

[31] *Idem Ibid.*, p. 217.

[32] *Idem Ibid.*, p. 218.

[33] Browne, Edward. 'A Brief Account of Some Travels in Hungaria... and also Some Observations on the Gold, Silver... Mines... [and] An Account of Several Travels through... Germany', pp. 135 ff. Printed for B. Tooke, London. 1673, 1677.

[34] Frazer, Sir James G. 'Pausanias's Description of Greece', trans. with commentary, Vol. 2, pp. 424 ff. (Commentary). Macmillan, London. 1898.

[35] Plato *Critias* in 'The Dialogues of Plato', trans. by B. Jowett (4th ed. rev.), Vol. 3, p. 794. Clarendon Press, Oxford. 1953.

[36] Seneca *Epistulae morales*, LXXXVI. (Loeb ed. Vol. 2, p. 310, 1920.)

[37] Porter, Mary W. 'What Rome Was Buile With' , p. 18. Frowde, London. 1907.

[38] Livy XLI, xxvii, 5. (Loeb ed. Vol. 12, p. 276, 1938.)

[39] Procopius V, xiv, 7–11. (Loeb ed. Vol. 3, p. 142, 1919.)

[40] Strabo V, C 222. (Loeb ed. Vol. 2, p. 350, 1923.)

[41] Tibullus II, iii, 43–45. (Loeb ed., p. 265, 1912.)

[42] Pausanias III, xxi, 4. (Loeb ed. Vol. 2, p. 132, 1926.)

[43] Neuburger, A. 'The Technical Arts and Sciences of the Ancients' , trans. by H. L. Brose, figs. 543–5. Methuen, London. 1930.

[44] Idem. *Ibid.*, pp. 402 ff.

[45] Ausonius *Mosella*, lines 362–4. (Loeb ed. Vol. 1, p. 252, 1919.)

[46] Vitruvius II, vii, 5. (Loeb ed. Vol. 1, p. 110, 1931.)

[47] Bruce, J. C. 'The Roman Wall' (2nd ed.), pp. 63, 65–66. J. R. Smith, London. 1853.

[48] Bede, the Venerable. "Ecclesiastical History of Englan." in 'Complete Works' , Latin and English ed. by J. A. Giles, Vol. 2, p. 63. Whittaker, London. 1843.

[49] *Idem*. 'Lives of the Holy Abbots of Wearmouth and Jarrow.' Ibid., Vol. 4, p. 367, 1844.

[50] Salzman, L. F. 'English Industries of the Middle Ages' (enl. ed.), pp. 85 ff. Clarendon Press, Oxford. 1923.

[51] Agricola, Georgius. *De natura fossilium* (in a collection of treatises by Agricola), pp. 201–2. Froben, Basle. 1546.

[52] Plot, Robert. 'Natural History of Oxfordshire' , pp. 76 ff. Oxford, London. 1677.

参考书目

40

Adams, F. D. 'The Birth and Development of the Geological Sciences.' Baillière, London. 1938.

Alfonso X. 'Lapidario del Rey D. Alphonso X. Codice original.' [A photolitho.reprod.] Ed. by J. Fernández Montana. Blasco, Madrid. 1881.

Ardaillon, E. 'Les mines du Laurion dans l' antiquité.' Bibl. Éc. franç. Athènes Rom." fasc. 77. Thorin, Paris. 1897.

Arkell, W. J. 'Oxford Stone.' Faber, London. 1947.

Bromehead, C. E. N. "Geology in Embryo (up to 1600 A. D.)." *Proc, Geol. Ass., Lond.*, **56**, 89–134, 1945.

Idem. "Practical Geology in Ancient Britain." *Ibid.*, **58**, 345–67, 1947; **59**, 65–76, 1948.

Collingwood, R. G. and Myres, J. N. L. 'Roman Britain and the English Settlements' (2nd ed.). Clarendon Press, Oxford. 1937.

Evans, Joan. 'Magical Jewels of the Middle Ages and the Renaissance, particularly in England.' Clarendon Press, Oxford. 1922.

Hope, Sir William H. St. J. and Prior, E. S. 'Illustrated Catalogue of the Exhibition of English Medieval Alabaster Work... June, 1910.' Society of Antiquaries, London. 1913.

Hudson, D. R. "Some Archaic Mining Apparatus." *Metallurgia*, **35**, 157–64, 1947.

Hull, E. 'A Treatise on the Building and Ornamental Stones of Great Britain and Foreign Countries.' Macmillan, London. 1872.

King, C. W. 'The Natural History of Gems or Decorative Stones.' Bell and Daldy, London. 1867.

Lucas, A. 'Ancient Egyptian Materials and Industries' (3rd ed. rev.). Arnold, London. 1948.

Nash, W. G. 'The Rio Tinto Mine: its history and romance.' Simpkin Marshall, London. 1904.

Porter, Mary W. 'What Rome Was Built With.' Frowde, London. 1907.

Rickard, T. A. 'Man and Metals' (2 Vols.). McGra." Hill, London. 1932.
Sagul, C. L. "Economic Geology and Allied Sciences in Ancient Times." *J. econ, Geol.*, **25**, 65–86, 1930.
Sandars, H. "The Linares Bas-Relief and the Roman Mining Operations in Baetica." *Archaeologia*, **59**, 311–32, 1905.
West, L. C. 'Roman Britain. The Objects of Trade.' Blackwell, Oxford. 1931.

第2章　冶　金

R. J. 福布斯(R. J. FORBES)

2.1　希腊—罗马世界的金属

在希腊—罗马时期，世界对冶金的需求远比现在要小，金属在建筑、供排水和造船方面的应用很少。我们首先应当记住，那时的机械主要是由木材制作而成的。

希腊—罗马时期的冶金是古代近东地区冶金术的延续，实质上是新兴的钢和铁逐渐取代铜和青铜的铁器时代的一个阶段。希腊人和罗马人丰富了关于早期冶金知识的两个重要的基本发现，一是汞的生产及其在提取黄金方面的应用，二是铜锌合金即黄铜的制造。从本质上来说，冶金仍然停留在木炭冶炼的技术上，这就限制了它的发展。煤在地中海地区很缺乏，在西欧和中欧首次用煤来冶金的尝试，由当地的铁匠在锻造炉和熔炼炉中进行。到了古典时期，地中海地区砍伐森林的情况变得严重起来，导致木材和木炭的价格惊人地不断上涨。在这个静寂的农业世界里，正如罗斯托夫采夫(Rostovtzeff)所认为的那样，矿山和冶炼场只是“农田和草原之海中的孤岛”，还没有真正的工业区。

事实上，除了这些东西之外，罗马人几乎没有给后代留下多少可发现的地表上的矿石(图4)。他们开采更深层的矿床的尝试，受到沉井、运矿、排水费用和劳动力短缺等问题的限制。其中，劳动力问题

在2世纪时变得很严重。罗马人接管了希腊人的采矿业和冶炼业，扩大了它们的规模。这促进了劳动分工的细化和采矿专家的出现。此外，他们还制定了采矿法律。与其说他们是冶金术的革新者，还不如说他们是采矿业的组织者和管理者。由于缺乏合适的优秀人才，他们开采更深层的矿藏以及将大量冶金产品带进日常生活的尝试失败了。

2.2 黄金

在古典时期，埃及失去了黄金生产实际上的垄断地位（第Ⅰ卷，边码579—582）。在地中海地区和欧洲发现了冲积矿藏，但小亚细亚西部的少数几个重要金矿，特别在据说曾是特洛伊财富发源地的帕克托勒斯浅滩[1]与靠近阿斯蒂拉和乔奥得的地方[2]，黄金已开始枯竭。虽然大量的自然金通过贸易从中欧和西欧运到希腊和罗马，但青铜时代就开始开采的色雷斯和马其顿附近的冲积而成的金矿，这时已经成了贫矿，这和爱琴群岛的情况一样。根据古典的传说，人们认为不列颠生产了很多黄金。这些黄金很可能来自爱尔兰。在西班牙的巴斯克地区，罗马人组织了大规模的黄金生产，通过建造规模巨大的工程，把大量的水引入含金的矿层中（边码670），矿石就这样被击碎了[3]。人们有足够的经验，通过观察某种白色的砂砾来勘探是否蕴藏金矿石[4]，而且渐渐知道在各种各样的铜矿中，尤其是在已氧化的顶层矿层中，常常含有一定量的有开采价值的黄金。

42

实际的精炼过程主要是从母岩中分离出黄金，这一点依然如故。试金法在很久以前就得到发展[1]，精炼方法基本没有什么重大的变化，还是用灰吹法或盐化法和硫化法从贱金属中提炼黄金[2]。现在，在这种

1 当然，煅烧试金法将会使贵重的银（如果含有的话）随其他金属杂质一起被除掉。可在试金石上摩擦金银合金，凭经验或和已知构成的合金的印迹对比，可以根据磨痕的颜色来判断合金的成色。我们也不能忽略密度与成分的更复杂的关系，这可参照阿基米德洗澡时发现的定律（公元前3世纪）。

2 灰吹法：将铅和含杂质的金和银一起熔化；在炉中，已熔化的铅被氧化为含所有贱金属氧化物的一氧化铅，留下银—金合金。为了把银从金中分离出来，必须用硫、硫化锑或是包括氯化钠的各种盐来与银化合（比如生成硫化银、氯化银），然后剩下小块提炼过的金。这时还没有用到无机酸。

古老工艺的基础上又增加了汞齐法。由于水银有流动性，从矿石（主要是硫化物 HgS）中提取这种金属没有什么困难。当焙烧矿物时，水银会蒸发，因此需要一个带有冷凝水银装置的炉子。公元纪年之交，罗马人在西班牙开始生产汞。破碎的金矿石用汞处理，得到汞齐并将它通过传送带，边挤压边跟脉石分离。最后，汞被蒸发掉即可得到金。这种工艺被普林尼只言片语地提到过[5]，在中世纪早期它已经应用较广[6]。

在罗马时代的西班牙，熔析法[1]被用于从铜中提炼黄金，这为古代世界的黄金生产增添了一种重要的方法，在铜冶炼过程中回收一种极具价值的副产品。公元前1世纪，这种提炼黄金的新工艺逐渐被采用，而且变得越来越重要。当把铜和铅浇铸在一起时，它们怎么也不会互熔，而银熔于铅比熔于铜要容易得多，熔析法就利用了这一原理。含银和金的金属铜与比它重3到4倍的铅熔在一起并铸成金属块，银和金的合金在这个过程中被铅熔解，然后铅缓慢地熔化并从铜铅块中流出，带出了金和银，剩下一个多孔的铜锭。通过灰吹法，可以从铅中提炼出金和银。

采用以上各种方法生产出的纯金和纯银，使古人能够按各种不同比例铸成合金，从而满足艺术或其他的用途。一种著名的合金“科林斯青铜”，就是金、银、铜的合金[7]。罗马人极大地改进了金箔的生产，已经能够做出只比我们现在最薄的金箔大约厚两倍的金箔，一盎司金可打造成750片4平方英寸的金箔[8]。黄金也可轧制成金箔。汞齐法可以用来从金片中抽出金丝[9]，这也是早期炼金术士（第21章）所用的基本操作方法之一。事实上，金的提炼同早期的炼金术紧密相连，伴随着一种金属在自然中趋于完美的信仰，并在矿山中不断生长[10]——由于发现了一些天然的树枝状的金矿和银矿，这种信仰备受鼓舞。金矿有时会被暂时关闭，人们希望它过一段时间又会长满矿石。

1　熔析法：通过金属本身或其共熔混合物的分级熔化分离金属的方法。

2.3 银和铅

铅和银主要通过冶炼方铅矿（硫化铅）获得，方铅矿一般都含有少量的银。古代近东地区（第 I 卷，边码 584）为得到银和铅而发展起来的焙烧和还原技术，在迈锡尼时代从小亚细亚向西传播到克里特岛、爱琴海和希腊本土。位于某些岛上（比如撒索斯岛）的大多数小方铅矿，在古典时期就已经被开采殆尽，或者像锡夫诺斯岛那样被海水淹没[11]。它们完全被公元前 6 世纪（边码 2）在雅典附近的劳里昂发现的大型方铅矿的光芒所掩盖了，这些矿山成了雅典经济的主要支柱。在色雷斯和马其顿，更多的矿被挖掘出来。同时，在匈牙利、蒂罗尔、哈尔茨山、不列颠和法兰西等地也发现了方铅矿和银矿——拉登时期，近东的冶炼技术被以上这些地区的人们广泛应用，并取代了晚期青铜时代当地较原始的冶炼技术。撒丁岛的银矿以及最重要的西班牙银矿，都在罗马经济中扮演了极其重要的角色。汉尼拔（Hannibal）从西班牙南部城市卡塔赫纳的丰富银矿中敛集资金来入侵意大利（公元前 218—前 203），《马加比书》（约公元前 100 年）第一卷的作者则毫不怀疑“罗马人在西班牙所做的一切就是为了获得金和银”。在古典时期，矿产已经成为世界政治中的重要因素。

44

在劳里昂，一种含银的铅可以用焙烧和熔炼相结合的方法从方铅矿中提取[1]，得到的铅银合金能够进一步提炼。焙烧过程中，一部分方铅矿变成氧化铅，一部分变成硫酸铅，然后进行熔炼，当温度升高至能脱硫时就生成了铅。这个过程在用黏土和石头建成的原始熔炉中进行，当炉子损坏时（这种炉子相对来说寿命不长），黏土和石头可以再用。在罗马帝国统治的很多地方（例如不列颠），炉子建在山坡上，依靠经常刮起的自然风来通风。每吨粗铅[12]含有 45—180 盎司甚至

1　该过程可简单表示如下：

焙烧：$2PbS+3O_2 \rightarrow 2PbO+2SO_2$；$PbS+2O_2 \rightarrow PbSO_4$

熔炼：$PbS+2PbO \rightarrow 3Pb+SO_2$；$PbS+PbSO_4 \rightarrow 2Pb+2SO_2$

更多的银。

古人好像对盛于19世纪的帕廷森工艺的原理略知一二。如果含银量高的铅被熔化，冷却过程中最初形成的晶体几乎由纯铅组成。剩下的液体含有更多的银。这个过程不断重复，直到银的含量达到1%—2%时才会中止，然后通过灰吹法从合金中得到银，形成的氧化铅可被带回熔炉中。现代研究证明，在劳里昂就是用这种工艺进行冶炼的。据证实，古希腊人能从铅里非常有效地脱银，最后在铅里剩下的银含量仅为0.02%。罗马的冶金工匠们水平甚至更高，能将铅中的银含量降至约0.01%。这到16世纪时还是一个极限，直到阿格里科拉引述了与之相当的数字0.008%。现代冶炼工艺所得的铅中，银含量一般不超过0.0002%。

这种冶炼工艺固然不错，但在它的初步阶段有很大的损失。一种汇集焙烧、熔炼、熔析和灰吹的复杂技术，还不能用测温和化学分析来控制。虽然古代的冶金工匠能够十分有效地脱去粗铅中的银，从矿石中提炼时却非常浪费，而且银在焙烧和熔炼的初期会随铅一起在炉渣中大量流失。例如，在劳里昂，为了得到高纯度的铅，必须用高温使杂质完全进入炉渣中，这些炉渣中含有锌和铁，也留下了10%以上的铅和33%以上的银[1]。

45

罗马人对这种损失有着充分的认识，拥有更多使熔炼更有效的经验。斯特拉博说："阿蒂卡的银矿（在劳里昂）原先颇具价值，可是它们没被好好利用。更有甚者，那些在这里工作的人在矿石已经很贫瘠的时候，又将残留的废物或浮渣重新熔炼，仍能从中提炼出纯银来，因为早些时候的冶炼工匠不能充分掌握在炉中加热矿石的技术。"[13]到了2世纪（罗马人已经提炼了更多的银后），劳里昂矿就停止生

1　金属的有效熔炼取决于对炉渣的充分控制，造渣的目的是熔化脉石或同矿石混在一起的土料，以及吸收诸如有害金属氧化物之类的杂质。例如二氧化硅酸性渣可去掉碱性的氧化物，而碱性炉渣——通常是石灰，可去除酸性杂质。遗憾的是，重要金属的氧化物（例如铅、铁、锡）很少能快速熔入其中，过分强调被熔炼金属的纯度可能会使其大量流失于炉渣中。

产了，200多万吨炉渣中，含银量仍然达0.005%—0.01%。1864年，最终的提炼由一家熔炼公司完成。

我们对当时采用的熔炉结构知之甚少。劳里昂的冶炼炉好像很高，上部用来熔炼，下面用于灰吹前的氧化处理。据说，西班牙的炼铅炉有烟囱，“以便于将矿石中生成的气体（二氧化硫）带到高处后排入空中，因为它很重且有毒”，这种炉子的典型样本曾在撒丁岛发现过[14]。罗马人经常使用就地挖掘的碗状炉子，它有风口，以使风吹到表面来氧化铅并带走浮渣。然而，灰吹法通常在小坩埚中进行，内衬的骨灰有助于吸收部分浮渣。

46

试金石[1]（图27）可以用于对银做初次分析，或者在专家的指导下小心加热，也能得到大量有关杂质的信息[15]。也许，一种仔细的化验过程还包括重量灰吹法，它事实上是一种有效的小规模的提炼方法。

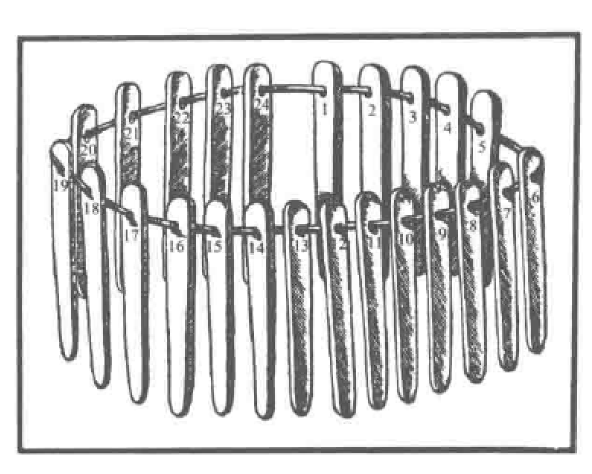


图27　用在试金石上摩擦的一系列不同的针。把留下的印痕的颜色跟试样比较，就能知道银的含量是多少。阿格里科拉给出了冗长的叙述。阿格里科拉，1556年。

银不仅对制作珠宝非常重要，对铸造钱币来说也极其重要，因为钱币通常都是银币。这些银币通常约含10%的铜，数值正好跟普林尼引用的古罗马护民官德鲁苏斯（Livius Drusus，公元前91年）的话相吻合——“在银币里，银与1/8的青铜融合”[16]。这种银币总是放在两个印模间冲压制成，很容易与古代的仿造品区别开来。那些赝品通常含有太多的铜和锌，一般是浇铸成的（边码485）。

铅和氧化铅被大量生产，薄铅皮和厚铅板大量用于建筑中。甚至在迈锡尼时代，石墙就用铅制的夹具紧固，薄铅皮则最常用于盖房顶。

1　试金石通常是黑色不易碎的含硅矿石，通常称作吕底亚石。

当机械性能要求不那么高，而且又需要较低的铸造温度时，铅也曾用于制造廉价的青铜，用来代替青铜中的锡。在希腊和罗马的供水系统中，铅管的作用十分突出（第19章），铅焊料也很普遍。普林尼给出的由锡和铅组成的焊料的配方，与今天用的差不多。罗马人知道可以用铅在羊皮纸上画黑线，“铅笔”一词即源于此，虽然现在的铅笔只含石墨而不含铅了。

2.4 锡、锑、砷

希腊和罗马的冶金工匠们发现，锡的供应不足且很难获得。近东地区溪流锡和矿脉锡早就消耗殆尽，因此必须从中欧和西欧进口这种金属。主要来自西班牙北部、布列塔尼和康沃尔的锡，对于古典时期的冶金起着必不可少的作用，相关的贸易频繁进行。那时，所谓的“不列颠金属”是从埃及再出口到索马里甚至到印度的。自早期青铜时代起，西班牙的矿产就开始被开采，一直持续到罗马时期，直至250年矿藏枯竭。布列塔尼的矿开始开采时间在公元前500年，但可能因为西班牙人的竞争而很快就被废弃。同时期在科尼什所炼的锡好像进入了国际贸易，至少持续到恺撒时代。有证据表明，在罗马帝国早期，锡的产量有所下降，可能是因为溪流锡矿的储备耗尽了。但当3世纪人们开始从脉矿中提炼金属锡时，科尼什矿曾经的重要地位就重新显现出来，打破了1世纪和2世纪期间葡萄牙和西班牙加利西亚人的垄断。

从锡矿石（锡石 SnO_2）中提取锡的方法，几乎没有什么变化。当溪流锡矿还够用时，只需要加入木炭进行简单的熔炼就可以得到金属锡。若用脉矿中的锡矿石，初始的焙烧温度须达到600—700℃，以便在熔炼前除去像硫、砷这样的易挥发成分，古代的冶金工匠对这项操作掌握得很好，熔炼过程中一般添加石灰作助熔剂。

为了淘洗溪流中的锡矿，罗马人在西班牙建造了大型的水渠，生

产了数百万吨的锡。从康沃尔进口来的锡被浇铸成 H 形的锭，重量刚好适合吊在驮重的牲畜两侧。保留下来的古老熔炉的遗迹表明，当时获得的金属纯度相当高，代价是挥发和残渣造成了很严重的金属流失。对科尼什和西班牙的锡和铅的分析表明，它们的纯度通常可达到 99.9% 以上。

锡的主要用途是制造青铜器，锡铅合金也几乎同样重要，常用作各种用途的焊料[17]。从罗马时代起，它也被用作家用器皿和其他东西的白镴，白镴通常约含 70% 的锡和 30% 的铅。在中世纪，有的合金仅含 5%—15% 的锡，后来普遍达到 80%—85%。我们还被告知，“在高卢地区发现的一种方法，就是把白铅（也就是锡）镀在青铜器上，以使它们在外观上极像银”[18]。这可以通过把青铜器件浸入熔化的合金，例如黄铜、铅和锡组成的混合熔化物中实现。古代术语中把锡叫作“白铅”，把铅叫作“黑铅”，把锑也常叫作“铅”以后，这种情况就更加混乱了，尽管铅更正确的术语应该是 *plumbum cinereum*。古人也把锑称作 *stimmi*，这个名字既用于金属也用于矿石——辉锑矿（Sb_2S_3）。

在古典时期以前，简单地通过加木炭熔炼辉锑矿，偶尔会得到金属锑，这种方法在古典时期一直没有太大改变。锑青铜在史前欧洲（匈牙利、高卢）经常使用，到古典时期还经常发现一些用锑代替锡的青铜器。和砷一样，锑在早期炼金术士的实验中占有举足轻重的地位。

砷通常以硫化物形式存在（如雄黄 As_2S_2 和雌黄 As_2S_3），一般都与其他金属硫化物天然伴生在一起，这就使得砷成为最早时期出现的合金成分之一。砷几乎没有什么用处，因为它几乎没有什么冶金的价值，只能增加合金的脆性。然而，砷的化合物可以制成颜料、医药处方的成分和毒药。

48

2.5 铜及其合金

(a) **铜和青铜** 到了古典时期，铜冶金技术的发展已经远远超出了早期用表层的氧化矿和碳酸盐矿进行冶炼的简单工艺。当地的矿藏早已被开采，到了公元前6世纪时就差不多用完了。

古典时期的文献里，提到的铜矿大多是硫化矿物。这一时期的遗迹中，最大最好的矿产来自塞浦路斯、小亚细亚（靠近两个著名冶金中心萨摩斯和帕加马的铜矿）、马其顿、托斯卡纳（伏尔泰拉附近）、蒂罗尔、施蒂里亚州、卡林西亚、康沃尔郡、德文郡、安格尔西岛，最后是西班牙和葡萄牙。在罗马时期，它们使其他的矿产地黯然失色。斯特拉博渐渐关注起那些西班牙矿的质量："到目前为止，全世界还没有在什么地方发现天然状态下如此大量的高质量的金、银、铜、铁。在那里，采矿的利润超出预计，因为开采出的铜矿的四分之一是纯铜。"[19] 这里指的是位于谢拉莫雷纳南侧的里奥廷托铜矿。

古典时期的铜冶炼的革新并没有涉及新的原理。当地一些小型矿都是采用原来很古老的熔炼技术，但从复杂的硫化矿大规模生产铜还需要更多的技术，要注意将杂质——包括其他金属杂质——从铜中去除。在整个古典时期（事实上直到之后的好几个世纪），原始的熔炼方法和较复杂的熔炼方法共存并交替使用。

用木炭来加热铜的氧化物和碳酸盐的矿物可以得到铜，用来处理硫化铜矿物的工艺则复杂得多。它具体分三步：（ⅰ）焙烧矿石以除去过多的硫以及诸如砷的氧化物之类易挥发的氧化物，并将铁的硫化物部分氧化，焙烧还有一个作用是使矿石更易破碎。（ⅱ）加入助熔剂，对矿石进行熔炼，熔融的物质在炉膛中分为两层，上面是渣，下面是"冰铜"，这样做的目的是尽可能得到接近纯硫化亚铜的冰铜。这一步如果控制不当，铜就会进入炉渣中造成损失，冰铜也会含有更多的杂质。（ⅲ）将冰铜熔化，让木炭浮在它的表面，空气从上方进入被搅动的液体（现今，空气是直接吹入转炉中的液体的）。冰铜中剩下的铁、

49

铅和其他具有负电极电势的金属先被氧化，部分铜的硫化物接着被氧化。剩下的铜的硫化物和它的各种氧化物互相反应，生成铜和二氧化硫，主要反应为：

$$2Cu_2S+3O_2 \rightarrow 2Cu_2O+2SO_2$$

$$2Cu_2O+Cu_2S \rightarrow 6Cu+SO_2$$

步骤（ⅲ）要精心地完成，以便除去所有杂质，同时还得除去金属中或多或少的氧化亚铜，因为它会使金属变脆。在技术上，似乎不用进一步精炼就能够得极高纯度的铜，因为直到希腊时期，我们尚未发现进一步精炼的工艺。然而，古代铜的样品经分析还是非常纯的[1]。这种特别的精炼工艺叫作“插树还原（法）”，在基础的化学课本中占有重要的位置，它大概已经被罗马的冶金工匠所掌握了[20]。将木杆插入熔化的铜表面下，在那种温度下，易挥发的碳化合物析出，并还原任何存在的氧化物。然而，这种方法首次提出要晚得多，出现在由特奥菲卢斯编写的一本关于铜的提纯的书中（约950年）：

拿一个大小适中的铁盘子，里外用黏土衬好，用力敲击混合，仔细烘干。把它放到锻造炉的煤上，这样，当向它鼓风的时候，风一部分吹入盘子里面，一部分在盘子上方吹过，而不会吹到盘子下面。然后在盘子的周围放上很碎的煤，在里面均匀地放置含铅的粗铜，再在上面加一堆煤。鼓风很长一段时间后，金属铜开始熔化，移走表面的煤，迅速在上面撒一层细煤灰，再用一根细而干的木棒搅动，就好像要让它们充分混匀那样，就会直接看到炽热的“铅”像胶水一样附在这些灰上，再把它们倒在煤上，像先前那样鼓风很长时间后再次移除表面的煤，再像前面那样操作。可以重复上述操作，直至可以彻底提取出“铅”为止。然后，可以将炼好的金属浇注到早已准备好的模子上，去检验金属是否够纯。当金属还闪着光芒的时候，用钳子夹好它，

1　罗马时代达99%，现代工艺通过氧化提纯可达约99.3%，电解法可达99.9%以上。

在完全冷却前放到铁砧上，用大榔头使劲锤。如果它破了或是裂开，就得重新将它熔化，再像先前那样操作。如果它仍然完好，则可以将它放入水中冷却。也可用此法炼制其他的（铜）[21]。

有关铅的文献记载至今还没有被完全解读，因为那个时候不同的金属及其氧化物之间没有清晰的区分。特奥菲卢斯给出了一种实用的检测方法，可以显示炼制过程在什么时候已完成。最后，关于脆性的一些观点还需要强调一下。 50

通常情况下，在熔炼硫化矿物的时候，将半成品返回到前道工序中再进行生产的可能性没有得到古人的充分认识。这种节约也并不总是必要的，很大程度上取决于矿石中的杂质。当时的经典文献对这种操作工艺很少提到，而我们现在对古代的金属和冶金渣的研究还很不够，还不能对每个古代炼铜遗址的冶炼技术形成一幅完整的画面。焙烧矿石，然后熔炼已焙烧的矿石，接着是第二次或第三次的再熔炼，最后的精炼往往不是什么独立的操作。一些操作经常同时进行，甚至是在同一个炉子中完成。

古罗马时期，几乎在所有的冶炼场所，硫化铜矿都被大规模地还原成“黑铜”（纯度为95%—96%），这种半成品金属被送往制造中心提纯。然而，纯铜锭在罗马、不列颠等一些地区已经十分普遍。

每个制铜中心采用的熔炉也不一样。古典时期以前的冶金匠们使用的原始块炼炉和锻造炉还在使用，同时也更喜欢使用比较先进的竖炉。多数这样的炉子都有“两层”，下面装木炭，上面装矿石，上下两部分通过一个狭窄的颈相连[22]，下面的部分比上面部分窄。这种炉子可以连续熔炼，并且已经证实它被长时间使用过[23]，广泛地用于蒂罗尔（公元前1600—前800）的米特尔贝格地区和希腊的大部分地区（包括塞浦路斯）。来自波普洛尼亚、意大利、里奥廷托和西班牙的罗马炼铜匠们，好像更喜欢块炼炉和卡塔兰炉（图38B）。很多古

典时期的作家都证实，当时炼铜的燃料就是用特定的树和植物生产的木炭[24]。

助熔剂的使用取决于矿石中的杂质，但具体使用什么助熔剂，也得看手边什么东西使用方便，助熔剂应尽可能地与矿石中的脉石或者泥土形成低熔点的共熔物，这一点毫无疑问。在塞浦路斯，罗马人使用的助熔剂有较高的锰含量。在里奥廷托，助熔剂是不同种类的石英。在萨索斯，助熔剂是石灰。在最后两次熔炼过程中再生的冰铜，经常作为一种辅助熔剂被送回第一步的熔炼过程中。甚至连史前米特尔贝格的冶炼者，都好像掌握了这种工艺。然而，这些熔炼工序几乎不可能高效率地进行，因为炉渣往往带走了大量的铜。某些炉渣中的铅含量表明，当时使用了熔析法进行冶炼，就像比林古乔（Biringuccio）在16世纪描述的那样，为了去除杂质，熔炼时往往在矿石中加入铅或方铅矿。

51 铜的精炼在一个像普通制陶窑那样的冲天炉中进行。这种炉子在萨尔茨堡和洛林被发现，可以在比竖炉更高的温度下熔化铜，铜的质量也更好。不同质量的精炼铜有其各自的名称，*aes coronarium* 是铜皮，*aes regulare* 是可锻压的精炼铜，*aes caldarium* 是不太纯的黑铜。

塞浦路斯进行的铜的生产，部分地满足了从迈锡尼时代以来希腊本土的需求。当时，希腊人已经在那个岛上建立了专门的贸易机构。然而，塞浦路斯当地的国王以及后来征服了塞浦路斯的托勒密（Ptolemies），严密地保护着自己的垄断地位。罗马皇帝们延续了这项政策，并给予希律王（King Herod）开采塞浦路斯矿产的特许权[25]。虽然当时塞浦路斯的铜资源不如西班牙，但它的铜贸易一直稳定地持续到4世纪，甚至持续到拜占庭统治时期。经过一段时间的沉寂后，法兰克和威尼斯的统治者们（1192—1573）以及后来的突厥人，重新在这里生产铜。

52



图 28　罗马附近的武尔西出土的一个希腊碗上的红色图案。画面显示的是一个铸造工场和正在浇铸青铜雕像的场景，公元前 5 世纪。

在迈锡尼时代以后不久，希腊本土的铜生产就中止了。到了斯特拉博时代，约在公元元年前后，甚至连欧博亚岛上的铜矿也被采完。在希腊化时期，仅在奥脱吕斯山区还有成规模的铜生产。由此可见，塞浦路斯的铜对希腊来说是何等重要。进口铜在制铜中心被打造成各种铜和青铜的器物，这些地方包括科林斯、得洛斯岛、希俄斯岛、萨摩斯岛、基交库斯、罗得和帕加马（图 28）。“罗马人规定了金、银必须由国家加工的制度，但是对铁和铜的加工没有太多管制。罗马时期征收的税，仅仅相当于从前马其顿国王的一半。”[26]

在意大利，托斯卡的铜矿一直由伊特鲁里亚人开采。征服了伊特鲁里亚以后，罗马人有了更好的排水系统，将矿井的深度从平均 125 米加深到 200 米。在共和国时期，波普洛尼亚和沃尔泰拉之间的铜矿仍在开采，伊特鲁里亚的青铜生产仍然停留在家庭规模上，附近有些锡矿。当加图在西班牙组织开采新矿时，这些新矿的金属含量要高得

多，伊特鲁里亚那里的矿产衰落了。公元前2世纪的一项法令，终于彻底停止了意大利的采矿业[27]，这一法令的直接动因可能是议员们想保存意大利本土的矿产储量。

自史前时期开始西班牙就一直在生产铜。在韦尔瓦地区及葡萄牙东部有大量炉渣遗存，估计约有3000万吨，其中至少有10%是前罗马时期的。西班牙北部也开始生产铜。罗马人的采矿活动从来没有扩展到瓜达尔基维河以南，和现在的采矿位置基本一致。当提比略皇帝（Emperor Tiberius，14—37在位）处死马里亚努的领主马略（Marius）时，也顺便吞并了西尔莫雷纳地区的富矿。[28]

罗马统治时期的高卢很大程度上依赖铜的进口，尽管当地也有些小矿床。恺撒要求不列颠必须进口铜和青铜[29]，但在罗马人到来之前，柴郡、威尔士西北部、安格尔西岛和什罗普郡的矿山运转得很好，罗马人来到后又继续加以开采。许多铜锭呈扁平圆块，重30—50磅，上面有这些铜贸易合同签订人的名字缩写。这些铜锭大多数是精炼过的，纯度高达99%以上。在德国，铜矿主要在罗马人统治范围之外开采。阿尔卑斯山东侧的大型铜矿的产量在早期铁器时代就开始下降，实际停止大规模开采是在公元前400年以后——尽管这里后来仍和匈牙利一样为罗马供应了一些铜。

53

罗马的铜和青铜成为世界贸易中重要的项目，铜币出口至西里西亚、东普鲁士以及波罗的海沿岸，那些地区所用的铜合金与罗马钱币有着明确的联系。铜通过红海一直延伸出口到印度，在印度半岛西岸的贸易站中发现了罗马钱币窖藏[30]，即使在希腊化时期，印度国内生产的铜也是不足的。我们还知道，铜也出口到阿曼和波斯湾。毫无疑问，这些富余的欧洲金属被用船从亚历山大城运到马拉博和布罗吉，然后由印度商人重新装船运往其他地方。

罗马大规模的采矿和冶炼工作需要新的组织形式。国家与承包商签订租约，这些人通常就是进行大规模投资的罗马资本家。另外，还

有一个影响深远的劳动力分工体系。但与通常观点不同的是，矿山和冶炼中心并不仅仅使用奴隶，尽管很多非技术性的工作可由罪犯和奴隶来承担，但也要雇用一些技术型的专家。我们掌握了在西班牙的阿胡施特雷尔发现的一些采矿方面的法规，其中包括税收条例，还将整个开采工作分为采矿、选矿、破碎、熔炼、备矿、粉碎、分离、洗矿等工种，矿山的矿堆和岩石堆都要征税。这些法规还记载了许多享有宝贵特权的专家，他们跟铜匠和青铜匠们一起组成了强有力的工作团队。

同样地，在意大利本土生产铜和青铜器物的场所，也有许多专业化的劳动力分工。罗马共和国末期，在卡普阿有了真正的工厂制造系统，在整个意大利甚至德国、瑞典、芬兰都发现了大量的铜和青铜器，并且工艺上看上去十分一致。在卡普阿，铜先与锡或锌制成合金，然后铸造、抛光、雕刻或锻造。普通的厨房用具和农具大都需要在个体工场制造，那里的铜匠既是工匠又是营业员。报废的金属器物可以再熔化并重新铸造成形，甚至有时为了满足紧急的需求，库存的成品都会拿出来进行重熔处理。铜匠有良好的组织，在罗马组织了一个强大的行会，在米兰的行会则有 1200 名会员。

（b）黄铜 这种铜锌合金是整个古典时期一种最重要的新型合金产品。把锌加入铜中形成的合金，强度和硬度都明显增加，延展性却比纯铜低——在锌含量不超过 40% 的条件下，最有用的各种黄铜的锌含量就控制在这个范围内。各种黄铜通过改变成分或冷处理，可以得到范围广泛的综合特性。它们的抗拉强度可与锡青铜（15—45 吨 / 平方英寸）相提并论，但低于钢（30—100 吨 / 平方英寸）。含 20% 锌的黄铜颜色似金，含锌较多的合金则呈灰白色。使用的锌矿石一般是碳酸盐和硅酸盐，两者都被称为菱锌矿。

54

虽然早在公元前第一个千年就出现了黄铜（如下所述），但无论是古典时期还是中世纪的冶金工匠都没有办法提炼出金属锌。事实上，

人们直到16世纪才提炼出了金属锌。所有的黄铜都是通过渗碳法制得的。用碳将菱锌矿还原成单质锌需要约1300℃的高温，这个温度已经超过锌的沸点，金属锌以蒸气状态被蒸馏出来，在一般环境下又被重新氧化为氧化锌并冷凝下来。然而，如果铜与锌矿粉以及木炭混合加热，就会在铜表面生成一部分锌，并扩散进铜中，从而形成了一层黄铜膜。这是很古老的一种渗碳法，原理上类似于以前通过渗碳来制作碳钢。

黄铜的发明者似乎是生活在特拉比佐德南部本都的莫索诺西人，那里有许多部落和各种等级的金属匠，例如查利贝斯人。据说，“莫索诺西人的青铜优于其他地方的是它的光泽和非凡的白色。他们没有加入锌，而是使用一种特别的土与铜一起熔炼。发明者没有透露他的秘密，因此这一地区的古老铜器因其杰出的质量而闻名于世，后来的铜器再也没有显示出这些特征。”[31]这些莫索诺西人也许就是《旧约全书》中的梅谢奇人，好像在公元前第一个千年就知道怎样制造黄铜了。

古典时期的作家特别提出过，自然界的碳酸锌类菱锌矿通常与白色的氧化锌伴生，而氧化锌常常是冶炼铜的副产品，会在炉顶凝结。它们被称作 *cadmeia* 或 *cadmea*[32]。他们认为矿石是不纯的产物，因而喜爱较纯的冷凝物，后者有时被称作 *pompholyx*。*cadmeia* 与后来穆斯林炼金术士和冶金工匠们所称的 *tutiya* 或 *tuthy* 是一样的，也就是我们通常所说的tutty(氧化锌)。

最早有关黄铜的记载可能是公元前8世纪亚述国王萨尔贡二世(Sargon Ⅱ，公元前722—前705在位)在豪尔萨巴德的宫殿里的铭文，其中提到了人们用位于底格里斯河西部山区穆萨西尔的“白色的青铜”薄板覆盖木门。可以确定波斯人在公元前5世纪曾用过黄铜，后来的大流士一世(Darius Ⅰ，公元前521—前486)有一个看似黄金但有怪味的杯子。波斯境内虽然有丰富的锌矿，但直到6世纪才有大规

模的黄铜生产。那时候，这种技术传入了印度。大约再过两个世纪，又传到中国。

然而，黄铜制造业是缓慢地传到西方的，荷马（Homer，公元前8世纪？）和希罗多德（Herodotus，公元前5世纪）都不知道它。如果我们认为真正的黄铜平均锌含量必须达到30%—38%，而不只是熔炼过程中带入了少量的锌，那么在奥古斯都时代（1世纪）以前，黄铜生产在希腊非常罕见。

意大利的情况也是一样的，罗马共和国的硬币中最多含锌4%。真正的黄铜币由奥古斯都皇帝发行，这些硬币中锌的含量一开始也只有17%，以后才逐渐上升。黄铜仍然十分昂贵，甚至几个世纪后的戴克里先（Diocletian，284—305）统治时期，它的价值还是铜的6—8倍。重要的黄铜生产中心位于艾克斯拉沙佩勒附近的伊特鲁里亚和施托尔贝格地区，那里曾在74—77年间发现了锌矿。这个生产中心在150—300年间显著地繁荣起来，但在4世纪后逐渐衰落。到5世纪左右，黄铜又在这些地方开始生产。这一地区在11世纪十分著名，因为那时在默兹河流域又发现了新的锌矿床。

罗马的黄铜器具出口到埃及，再从埃及出口到非洲的其他地方。黄铜在非洲的价值非常高，英迪科普兰斯泰（Cosmas Indicopleustes，6世纪）告诉我们，在他的那个时代，阿比西尼亚当地的人们仍认为黄铜比白银值钱。在罗马时代的红海地区和阿克苏姆的阿比西尼亚王国，黄铜是一种最重要的交换媒介。在塞浦路斯，通过回收炼铜过程中的碳酸锌，也生产出了少量黄铜。

2.6 铁和钢

从公元前800年起，铁在中欧被越来越广泛地用于制作武器和工具。欧洲最早的冶铁中心在奥地利，古诺里库姆就包括蒂罗尔以东的奥地利大部分地区。在中欧，诺列克的制铁工业为许多中欧的部落战

争和迁徙提供了军备。但是，到公元前 400 年左右，制铁业的中心转移到了凯尔特人的领地和西班牙。古典时期的文明并没有对制铁技术作出什么贡献，但大规模的生产和专门化的劳动在这种产业的革新中起了主导作用。

56

在古罗马时期，简单的用木炭加热的膛式炉仍然盛行。经过焙烧后，矿石与木炭混合在一起，有时还加入一些助熔剂。在加热过程中发生还原反应，一种坚硬的海绵状的铁块就聚集在炉底，上面覆盖的是液态的炉渣或矿渣。这种铁块需要重新加热并锻打成更结实的铁块，反复多次才能将所有的炉渣排除掉。一些炼铁装置有一个自然通风装置，例如罗马时期在伊特鲁里亚的波普洛尼亚和沃灵顿附近的怀尔德普尔的冶炼炉，它们和那些欧洲史前时期的炉子没有什么区别，除了有时在冶炼过程中使用煤以外。通常，这些炼铁装置包括一座焙烧矿石用的窑、一座熔炼炉和一个铁匠的锻造炉。

最古老的专业炼铁炉之一出现在加泰罗尼亚，由加泰隆（西班牙）和法兰克早期的铁匠使用，一直沿用到 17 世纪甚至更晚（图 38B 和边码 71）。他们用两个风箱交替把空气鼓进炉中，得到稳定的鼓风。这种炉子用木头作燃料，不能长久使用，每熔炼一次后必须重新修补一新。按照这些工艺，能够直接利用矿石生产出可锻熟铁。

前面描述过的炼铜用的竖炉（边码 50）也被用来炼铁，它们是后来的炼铁竖炉（*Stückofen*，边码 73）和高炉的前身，可以生产出碳含量较高的铁块，然后在下一道工序中再加工成可锻熟铁或钢。这种竖炉虽可以得到较高的温度，但是还不够高，铁在这个温度下的停留时间，还不足以使它吸收足够的碳而成为液态的铸铁。这种情况如果偶然出现，古代的铁匠就会把它当成劣质的、易碎的产品而抛弃。因此，我们在诺里库姆发现了一大堆废弃的铸铁块。

在西里西亚的塔克斯多尔夫发现的史前时期的炉子，使用 200 磅木炭加上 8—10 个小时的时间，可以生产出约 50 磅的半熔状态的铁

块来，另外还需要25磅木炭用于下一步的锻造和加热。诺里库姆的罗马熔炉炼的铁块很少超过100磅，那里发现的矿石是含锰的碳酸铁矿，这使得炼钢变得相对容易些。如果想得到“硬铁”或钢，则需要加入更多更厚的木炭，熔炼时间也需要加长，鼓风则要减少，直至达到所需的渗碳程度。这时期软铁（熟铁）的生产方法仍然如故，通过将许多小块的铁焊在一起得到大块的铁。由于有了竖炉、熔铁炉和锻铁炉适用于不同的操作，例如熔炼、渗碳以及焊接，罗马人巧妙地吸收了来自古代近东和高卢地区铁匠的技术，发展出自己的制铁工艺。

古典时期的作家强调直接用矿石生产钢，这在很大程度上取决于矿石的性质[33]。当熔炼较易处理的矿石时，不必用助熔剂。在波普洛尼亚，来自厄尔巴岛的富硅铁矿就需要与石灰混合熔炼，同样的情况也适用于瓦莱利奥山的黏土质铁矿。在恩兹堡山，发现了具有不同熔点的炉渣，而那些年代最古老的炉渣中含铁也最多。

诺里库姆的可直接用铁矿石生产钢的工艺，主要得益于在那里找到了菱铁矿（碳酸铁），并且还拥有设计良好的3—6英尺高的竖炉。罗马人从东方进口十分上等的“中国铁”，据信它来自中国[34]，实际上是在印度海得拉巴地区生产的坩埚钢。这种钢以圆饼状交易，每块直径5英寸，厚0.5英寸，重约2磅。在伊斯兰时期，坩埚钢的制作工艺传到大马士革和托莱多，在欧洲其他地方用这种钢饼也能生产“大马士革（damask）”[1]钢了。这种钢饼由人工从两个或更多方向用锤子敲打而变形，最后汇集到一起，在长时间的锻打后形成刀身，通过淬火达到所期望的硬度，然后再进行抛光和蚀刻。这样，刀身看起来就富有光泽、纹理分明。

印度生产者似乎曾把钢送到阿比西尼亚的阿克苏玛，那里的人为印度人保守这一秘密，罗马人又把这种钢送到中国。波斯国王从印度得到了这种钢，亚历山大大帝（Alexander the Great）也曾从印度国王

1　有时也称为“damascene”，尽管这个词更多地用于以金、银、铜等金属线包裹的钢。

那里得到了 3 吨这种钢[35]。在大马士革和伊利诺波利斯等地，这种进口的钢被制成漂亮的刀具和武器。在罗马帝国后期，用同样工艺制成的波斯钢被认为是仅次于“中国铁”的产品。

除了这种昂贵的进口钢外，古代的渗碳工艺依然还被保留着，通过在锻打过程中渗碳而在熟铁外层形成一层钢。古希腊和罗马的铁匠将这一技术应用得很好，知道如何通过淬火、回火、退火来控制钢的最终性质。4 世纪的罗马剑就展现了以下这些制作锋利刃口的技术：(a) 在硬钢刀身两边锻接上大马士革钢条；(b) 将硬钢刃口锻接到熟铁上；(c) 进一步锻打钢体以使表面硬化。

58

塞浦路斯的制铁业并不发达。与传说相反，在克里特岛并没有找到冶炼作坊遗址。地中海东部的主要铁产地是小亚细亚，那里有丰富的铁矿蕴藏在本都、托罗斯山、弗里吉亚和卡里亚。

在迈锡尼时代，希腊本土的铁同金子一样贵，但从公元前 10 世纪开始，铁被广泛熔炼，逐渐变得普通。在荷马史诗中，乔科伊斯 (Chalkeus) 就是一个铁匠，尽管诗中描述的是青铜时代的事情。荷马史诗中的英雄们都挥舞着制作精良的青铜武器，阿喀琉斯 (Achilles) 提供的奖品里则有一块粗制的铁块[36]。很多铁是用古希腊时期就已耗尽的小块矿石加工而来的，例如在萨莫色雷斯和埃维厄岛。公元前 7 世纪，希俄斯岛的格劳考斯 (Glaukaos) 以发明铁的连接技术 (*kollesis*) 而出名。

拉科尼亚后来以生产钢而广为人知，莱斯博斯岛和锡夫诺斯以及其他一些更小的岛，钢的生产则在公元前 5 世纪才开始。来自这些地方的铁以铁棒的形式进行贸易，例如斯巴达的“烤肉叉”可能用于炊事，但它在交易中同时代表金钱和金属。在一些希腊城镇，冶铁的工匠们把铁锻打成当地需要的物品 (图 29 和图 30)。在伯里克利 (Pericles，卒于公元前 429 年) 时期的雅典，铁匠都是外国人。在帕西翁和凯法洛斯有盔甲制造工厂。据说，索福克勒斯 (Sophocles) 的父

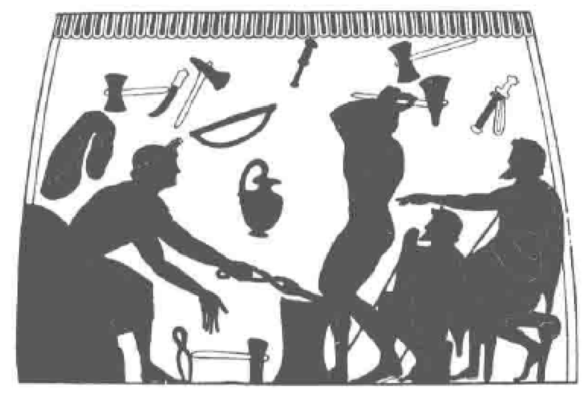




图 29　奥尔维耶托的阿提卡花瓶上的黑色图案，显示了一个希腊铁匠铺和一些希腊工具。请特别注意（中间）带剪头柄的钳子。公元前 6 世纪。

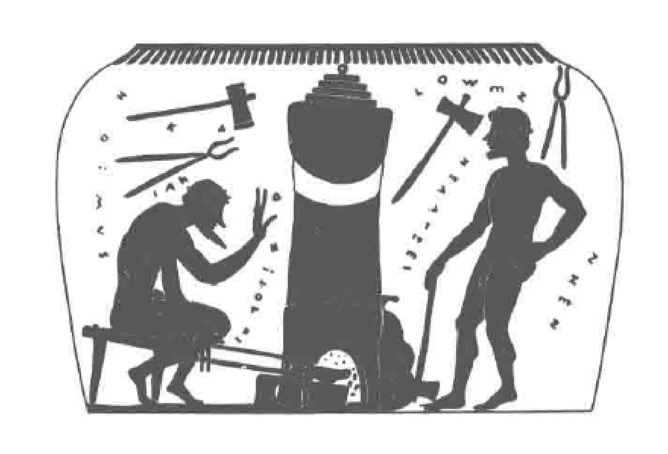


图 30　阿提卡花瓶上的黑色图案，显示赫菲斯托斯（希腊的火和锻冶之神）的锻造作坊。公元前 6 世纪。

亲曾是一位铁匠，狄摩西尼（Demosthenes，卒于公元前 322 年）继承了一家制剑作坊。我们被告知，公元前 4 世纪西西里岛的一个银行家囤积了许多铁豆钢，“……他意识到铁是一种不可缺少的商品，他曾成功地买下了所有冶铁工匠的产品，在这种物质很匮乏的时候再卖出，得到了 200% 的利润”。直到罗马时期，马其顿的铁矿都还在开采。

早在公元前 900 年，意大利北部的伊特鲁里亚人就开发了埃利班和托斯卡纳的铁矿，这些铁矿可以看作是早期罗马帝国扩张的原动力。在瓦罗（Varro，公元前 116—前 27）时代，迁徙的铁匠走遍了意大利的各村各庄[37]。很早的文献记载中就有关于罗马本土铁匠的内容，但因为这种金属是一种新鲜事物，所以有些宗教规章中规定不得在宗教仪式上使用，读者也许会想到类似《旧约全书》(《申命记》第 27 章第 5 节,《约书亚记》第 8 章第 31 节）中关于铁的禁忌。波普洛尼亚的铁矿为小西庇阿的军队公元前 204 年入侵非洲提供了武器。实际上，在公元前 200 年至公元前 150 年的战争中，许多铁都来自意大利本土的铁矿，并在罗马和卡普阿之间的地区进行加工。公元前 2 世纪，元老院的一项法令禁止在意大利开矿，但这没有影响到厄尔巴岛。这是希腊在意大利最早的殖民地之一，生产的铁块直到罗马帝国时期都能够正常供应，通过普特奥利和其他港口运到罗马本土，再制成各

种武器和工具。由于森林被砍光，可能导致在厄尔巴岛仅能完成第一阶段的采矿[38]。在公元前100年以前，罗马就有了自己的盔甲作坊。

军事的需要导致这种产业集中在普特奥利、叙拉古、勒法、波普洛尼亚、沃尔泰拉和其他一两个地方，这也为以后政府进行控制铺平了道路。渐渐地，这一产业转移到了外省靠近矿区的地方。总的来说，罗马帝国的金属当时已能自给自足，仅有像"中国铁"这样的特殊产品需要进口。除了这些本土的锻造厂和作坊以外，罗马帝国的大多数行省都有自己的熔炼厂。英格兰和高卢当地的矿藏用于满足本地的需求，只有在遇到具有丰富矿藏的情况下，例如在卡林西亚和高卢的奥德，罗马政府才会征用这些矿产，然后将它们委托给帝国的承租人开采。

文献里经常提到产品的规格，甚至亚历山大时代的希腊人就能够识别大量不同质量的钢。锡诺普钢被用来做木工工具，乔利比克钢和拉科尼亚钢被做成锉和钻，吕底亚钢则用来制作剑等。在罗马时代，西班牙和诺列克钢成为制作武器的首选，但是如果能弄到来自东方的"中国铁"和帕提亚（波斯）钢，他们就会优先使用钢。



图31 1世纪的罗马锻铁炉。出自多米蒂拉地下墓穴的一块墓石。

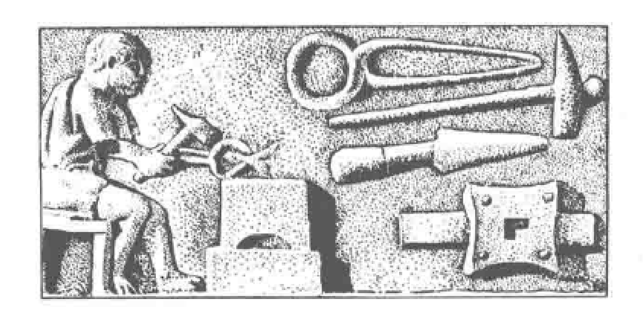


图32 罗马锁匠及其使用的工具，还有他制作的一件工具。2世纪。

在古典时期的社会中，铁匠有着特殊的地位（图31、图32）。罗马帝国早期，米兰和布雷西亚有很多行会，两个地方都用诺列克的铁和钢。在普林尼的时代，科莫湖以制铁业著称。波普洛尼亚仍然有少量制铁工匠，但是他们生产的大多数铁的贸易都转移到普特奥利，那里好像还没有什

么行会存在，也许制铁工业都由受人控制的奴隶作为劳动力。波河流域的情况却截然不同，铁匠行会势力非常强大，甚至成为罗马帝国政治的一股重要力量。

在西班牙，因为地处罗马帝国开采的西班牙和葡萄牙铁矿的西部，巴斯克人的铁矿在5世纪前还没有被大量开采。军械和刀具是那里通常出口的物品，因为特殊的制造方法而著称，例如产品在缓冷坑中冷却和浸蚀。大概因为要在这方面进行改进，使用一定量的水被认为可以使钢具有很特殊的淬火性能。这里的制铁业的重要性被大量的文献证明，包括与铁的采掘、熔炼和销售有关的社团、官员和私人的许多记载。加泰罗尼亚、阿利坎特以及托莱多的某些冲积矿床，仅在罗马帝国后期和中世纪时代才被开采。

在中欧，罗马人控制了诺里库姆和波斯尼亚的萨那河谷的铁矿床。这一时期，诺里库姆产生的炉渣达到了约10万吨，相当于能生产3万吨金属。罗马人开始喜欢白色和黄色的铁矿石，而不是早期铁匠们使用的红色菱铁矿(天然碳酸亚铁)。许多矿产含有钛元素，这是对钢的性能很有好处的一种成分。罗马人对施蒂里亚矿山的开采至少持续到316年，侏罗中部、高卢东北部、卢森堡、阿尔萨斯北部和艾弗尔等地都有冶铁的遗迹。与此同时，日耳曼的一些部落开采了大量褐色的沼泽铁矿(褐铁矿，是一种铁氧化物的水合物)，这里的铁矿几个世纪后就与锡根地区的铁矿一样有名了。在罗马统治时期的不列颠，威尔德和迪恩森林区也生产铁[39]。

一些其他地方也发现了熔炼和锻造遗址，但它们好像只是为了满足本地的需要，并非为了出口(图33)。一些法国城镇的发展，可以归因于凯尔特人的块炼炉。

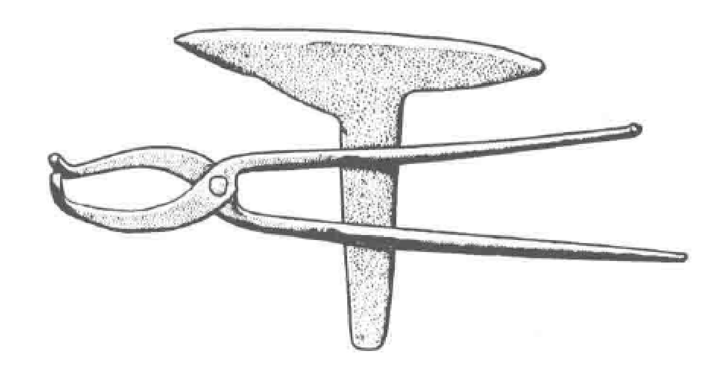


图33　在锡尔切斯特发现的砧座和钳，4世纪。

2.7 中世纪冶金概况

中央集权的逐渐减弱和随之而来的冶金和采矿业的衰落，预示了罗马帝国的崩溃。3世纪，冶金业的产量开始下降[40]，这种情况好像一直持续到9—10世纪。当时，地表的露头矿和旧的矿硐又被当地的冶炼工匠和打铁匠重新利用，以满足在极度混乱时期一度下降的需求。这样，冶炼仍然在法国的勃艮第北部、香槟南部、贝里、诺曼底、布列塔尼、旺代、佩利哥、多菲内和比利牛斯等地进行[41]。此外，铁仍在莱茵兰、托斯卡纳、西班牙和阿尔卑斯山东部等地生产。有证据表明，铁制品产量因动乱而遭受的衰退要低于银、铅、铜和锡。斧、小刀、铲、犁铧和类似的工具仍然是需要的，人们自然地将注意力转向了钢制武器。有关铜和青铜的资料十分稀少，暗示着政治动乱也加速了铁对这些金属的替代。

随着政治混乱在9世纪基本结束，冶金业呈现出上升的趋势，中世纪冶金的若干特点开始浮现：(a) 在从前的罗马帝国边境之外建立了新的采矿和冶金基地。(b) 关于采矿和冶金的文献陆续发表，最初是为了金属在艺术和装饰中的应用，后来是为了指导军官、工程师、银行家、金属分析师以及熔炼工匠。(c) 煤开始被开采，并相当大规模地用于冶金的初步工序中，尽管最终的熔炼仍然用木炭。这样，冶金工艺仍然与木炭紧密联系在一起。然而，木材的短缺越来越严重，这通常会造成煤的使用相应增加。(d) 水力逐渐被用于冶金中，水力代替了人力和畜力驱动风箱、锤子、压模机等（图36、图346、图553、图554）。

直到16世纪，其他金属的冶炼实际上处于停滞状态。大规模生产铁和使用水力导致了设备的专门化，以便获得更高的温度，使熔炉能生产铸铁。到中世纪的末期，真正的高炉已经开始建造。

尽管从文献上我们对中世纪早期的冶金几乎一无所知，但可以从考古发掘中重新了解当时的大部分情况。对这些早期的发现，现代分

析还没有引起足够的重视。在用这种方法研究过的地方，例如法兰西的梅努文加王朝（481—752），研究者得到了惊人的结果[42]。在随后的几个世纪里，古老的冶金术并没有被忘记。叙利亚的专家们经常在西欧从事镶银、头盔镀金、制作盾牌和生产各种金属镶嵌件的工作，就像 374 年的《狄奥多西法典》（Theodsian Code）中提到的一样[43]。在 7 世纪，盔甲工匠们在勃艮第工作，并扩展至法兰西的北部和西部，他们发展了一种用于制作花纹锻钢的非常独特的技术（边码 457）。东方类似的钢制武器和它完全是同类的，都是通过控制结晶过程来产生花纹，但西方的花纹锻钢是先将东方的钢条锻接在一起，然后再加以切割、弯曲和锻打，这样就可以开发出独特的花纹来。这种西方花纹锻钢的产品，甚至在阿拉伯国家也有需求。这些事实能够使我们非常生动清晰地了解这些非常复杂的技术是怎样复活的，不至于贸然认定这个所谓的“黑暗时代”的冶金技术很落后。我们还有理由相信，有几种熔铁炉在这个时期开始采用，它们将在随后的章节中讨论。

63

如果还要讨论这些非常罕见的和冶金有关的早期手册的话，我们就会意识到所掌握知识的不完整性。这些手册的来源中，最早的是 8 世纪的一本配方书，名叫《彩色马赛克的配方》（*Compositiones ad tingenda musiva*）[44]。这本书包含有艺术家和工匠们的许多配方，大多数都摘自古希腊和拜占庭的书籍（边码 351），其中关于金、银、铅矿石冶炼的描述都语焉不详，金属加工工艺的部分则写得较详细。这本书的内容包括了如何用这些金属制作箔片，汞齐法在提取黄金中的运用，以及黄铜的制作，含铅合金的应用暗示了锡的稀缺。

《制金秘方》（*Mappae clavicula de efficiendo auro*）[45]好像也是 8 世纪的书（边码 351），尽管现存最早的版本是两个世纪以后的。这是另一本关于艺术家和工匠们所使用的合金和金属制品的制作方法的说明书，包含许多将合金用作金银替代品的配方，里面提到的青铜仍然含

有大量铅。

第三本书［被认为是希拉克略（Heraclius）的著作］是《罗马人的绘画和艺术》（*De coloribus et artibus Romanorum*）[46]。它包括三个部分，前两部分可能在10世纪由罗马公民完成，第三部分则在12世纪由法兰西人补充。在这里，我们也可以找到关于提炼金和银、汞齐、不同金属的焊接以及金属和合金箔片的制作、合金的配方的描述。

第四本也是最完善的一本是《不同技艺论》（*Diversarum artium schedula*）[47]，由牧师特奥菲卢斯所作。他也许是一个希腊人，遍游欧洲各处，最后定居在一处德国寺院。这一作品可能在10世纪就写成了，但是通常认为其年代要晚得多。特奥菲卢斯对镀金的书封面和用贵金属装饰的手稿、彩色玻璃窗的制造、乌银和其他金属手工业以及雕刻象牙等方面都很感兴趣，对制作工艺的论述非常广泛，从酒杯、香炉、铙钹乃至教堂的钟和风琴。他没有忘记制作这些工艺品所需要的技术，例如玻璃窑炉的修建以及不同颜色的玻璃的制备。在黄金冶炼方面，他讨论了质量、灰吹法和汞齐化提炼法[48]，同时还提及金箔、金粉以及模拟黄金的合金产品的制造。他论及彩色玻璃窗上的铅条焊料、冶金工匠们的工具及其制作方法，也论及银的精炼和铸造、熔析法[49]、灰吹法所使用的炉子的建造以及金叶的着色。他详细叙述了用手工从地表露头矿（比如孔雀石和氧化了的硫化物）挑选矿石后再炼铜的方法，为熔炼少量铜而建造坩埚炉的方法[50]，以及用不同的颜料来给铜染色的方法。这本书对钟的铸造方式进行了重点描述，还讨论了精炼炉[51]、铁的焊接和熔接技术、锡和黄铜器的浇铸[52]以及锡的焊接。尽管这不是一本冶金技术手册，可能更适合教堂的装饰匠和建筑师，但它给出了一幅古典时期冶金技术复兴的完美画卷。

为教堂铸钟是冶金技术的一个新应用。教堂里使用的第一批钟是在5世纪由铁板制成的，前身是罗马人使用的台钟。8世纪的时候，

64

青铜铸钟第一次出现。到9世纪时，这种铸钟在西欧的教堂里已经十分普遍。铸钟促进了冶金技术的发展，因为铸钟的模子比当时的任何其他物品的模子都大许多。1250年在吕贝克出现了一条铸钟街，14世纪的几位铸钟匠更是赢得了国际盛誉。他们的经验十分重要，因为枪炮随着火药的发明，开始得到使用，第一批青铜火炮和炮弹都是铸造成型的（边码75）；同样，随着铸铁有了更多的用途，铸造的经验也显得更为重要。

特奥菲卢斯以后，就很少有对我们有用的相关文献了。尽管大阿尔伯图斯（Albert the Great，1193?—1280）在他的著作中提及了冶金技术，不过他的许多观点相当肤浅[53]。虽然中世纪的著作能够提供零星信息，但是在15世纪以前还没有出现真正的关于冶金的说明书或手稿。后来，《关于战争的书》（*Kriegsbücher*）和《关于军备的书》（*Rustungsbücher*）绝大部分是在中欧写成的，对冶金作了概述。15世纪末，冶金技术不间断的书面记载开始出现，伴随而来的是《采矿》（*Bergbüchlein*）和《论检验》（*Probierbüchlein*）[54]以及其他一些有关冶金、采矿、试金方面的书，它们以新的印刷方法出版，这比古老的由僧侣抄写的复制量要大得多。有关中世纪冶金的资料，主要来自于发现的冶炼遗址、经济方面的数据以及后来的惯例。

65

在中欧某些地区——从黑森林到哈尔茨山、从萨克森到波希米亚、从西里西亚到匈牙利，被早期铁匠们开发的资源有待更为彻底的开发。这些地区还有大量的木材资源，山间溪流可用作动力的来源。这里在中世纪初期逐渐成为佛兰芒人、日耳曼人和法兰西人的殖民地，从而成为中世纪冶金的主要资源地。在这几个世纪里，日耳曼各民族成为那个时代的采矿和冶金方面的专家。

一些较古老的国家仍然继续着它们的传统。在塞文山脉以及法兰西和西班牙的其他地方，淘金还在继续。德文郡的银矿依然十分重要，1299年弗雷斯科巴尔迪（Frescobaldi，中世纪佛罗伦萨最有钱的公司

之一）向爱德华一世（Edward Ⅰ）租借了银矿，奥尔斯顿莫尔的铅矿由科隆的提尔曼（Tillmann，1359年）进行开采。1316年，在朗格多克的拉科纳特还发现了含银量很高的铅矿。

无论是用来贸易还是用于教堂装饰，大多数的金和银都来自于莱茵河的东岸。1136年，商人通过迈森把岩盐从哈雷运到波希米亚时，发现萨克森的弗赖堡有丰富的含银矿石，那里的银矿脉因春季洪水的冲刷露了头。一些样品被带回到哈尔茨山的戈斯拉的产银中心进行分析，结果显示样品含银丰富，"淘银热"随之出现。弗赖堡的采矿和冶金到1170年已经完全展开，一个拥有3万名居民的冶金中心迅速成长起来。那里的生产一直稳步上升，直到1348年黑死病暴发导致持续将近一个世纪的冶炼活动中断。然而，到15世纪中叶，弗赖堡又以拥有52家冶炼工厂为荣了。

在戈斯拉，银首先是从林姆尔斯堡的铜矿脉中提炼出来，这个矿脉发现于968年，到11世纪已经变得十分重要。接着，铜、锌和铅的生产在那里得到了发展，曼斯菲尔德的富矿脉也在1251年被发现。到了14世纪，瑞典的施特劳科帕尔贝尔格成为最有力的竞争者。匈牙利的矿石熔炼可以追溯到遥远的查理大帝（Charlemagne，卒于814年）时代，他利用俘虏进行采矿和冶金，这里的金属生产一直延续到1442年被波兰人征服时才中断。在阿尔卑斯山东部，特兰托的银矿也是相当重要的。

这些银矿大多数都是复合矿，提炼方法包括熔析法以及其他分离工艺。到了12世纪，用手和脚驱动的榔头、矿锤、风箱等已经大量存在于这些矿山城镇中。在13世纪的最初10年里，特兰托的银矿据说已经使用水车了。到了下个世纪，这种水车在阿尔卑斯山区相当普遍。这种机械需要比以往更多的资本投入，西方资本主义的出现很大程度上与采矿和冶金的发展密不可分。与采矿有关的法律及权利在罗马标准的基础上形成，并且出现了一些像弗赖堡、开姆尼茨、伊格劳

这样的工业城镇，它们是从业者的社区，不再使用奴隶，有自己的法律和经济。封建领主也像银行家一样促进了它们的发展。

银冶炼业复苏之后，新的铜矿也相继被开发。康沃尔的锡矿在10世纪已恢复生产，并且产量稳步增长。到14世纪中叶，这里平均每年可产约700吨锡矿，是以前产量的两倍。默兹河流域新发现了锌矿，并炼得了一些黄铜，但这种金属一直到15世纪才开始被普遍使用。当时，更多的锌矿可以从蒂罗尔、卡林西亚和莫里斯尼特（Aix-la-Chapelle 附近）等地获得，这刺激了人们对铜的需求。这一时期，萨默塞特、达翰姆、坎伯兰、什罗普和德比郡的铅产量确实与中欧的相当。

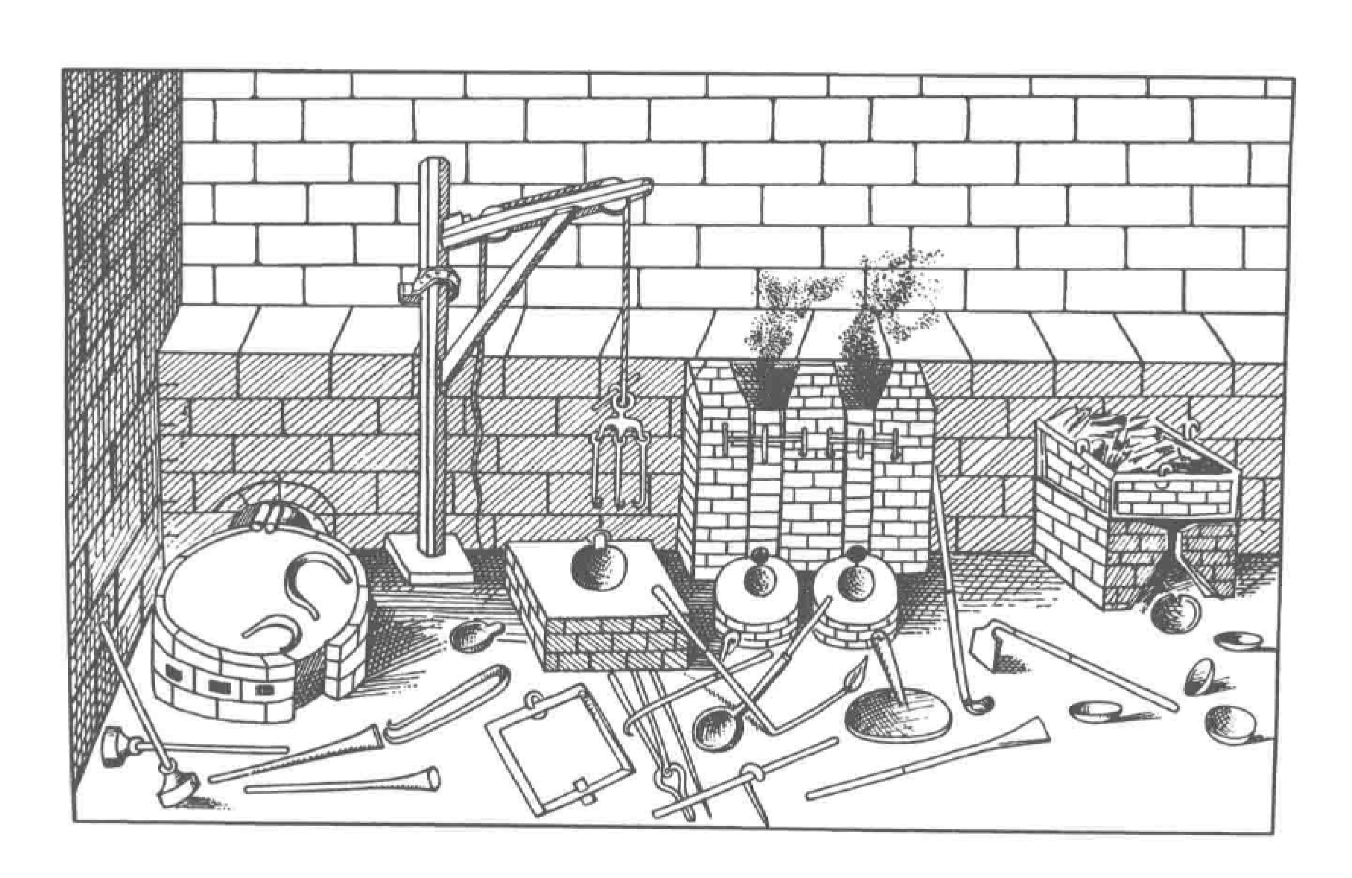


图34　15世纪冶炼含银的铜。
这幅图和下一幅图画的是铜冶炼的不同步骤，在炼铜过程中将铅或铅的化合物加入其中以提取银。中间是一对小冶炼炉，右边那个冶炼炉有矿石和木炭在一起熔炼，矿石可能在户外先经过焙烧。熔炼得到的冰铜在靠左的炉子中同铅或铅的化合物一起加热，然后铜和铅银合金的混合物被舀到一个小的圆形模具里以形成熔析的锭子。在图的右边，熔析锭和木头一起塞在熔析炉里面，铅从这些锭中滴下来，形成图35中灰吹炉中的炉料。位于这幅图左边的是用来提炼银的灰吹炉或精炼炉。上面放置的东西是修整炉床的刮削工具和一些夯实物料到一定位置的工具。紧挨着它的另一个精炼炉，可能是炼铜的。可以看到风箱的风口伸进这些炉子。所有这些图，画家都是从炉子的上方和左方取位的。出自德国南部的豪斯布鲁赫，约1480年。

这些金属的冶炼技术没有什么实质性的变化。写于1480年左右的《中世纪的家庭读物》(*Mittelalterliche Hausbuch*)，用精美的图画完整地描述了铜的精炼，使我们对当时的冶炼技术了解得更清楚(图34、图35)[55]。另一方面，机械化和水力的引入给炼铜技术带来了有效变化，尽管它们对冶铁的影响可能更大。早在10世纪，由于大量砍伐森林而导致木炭短缺，在某些短缺特别严重的地区甚至采取了法律手段来限制冶金产量，这也使把煤应用于冶炼的努力得到增强。

通常认为，开采煤首先是出于锻造的需要。1190—1230年间的文献，提到了列日附近为了锻造而开采煤矿。12—13世纪的法国，为了同样目的也开采煤矿，1306年阿尔勒的一条法令禁止将煤用于锻造，但到了1345年，为了马奇-苏-梅斯的锻造炉，人们已经可以采煤了。在英格兰，甚至在更早的时候就开始使用煤，亨利三世

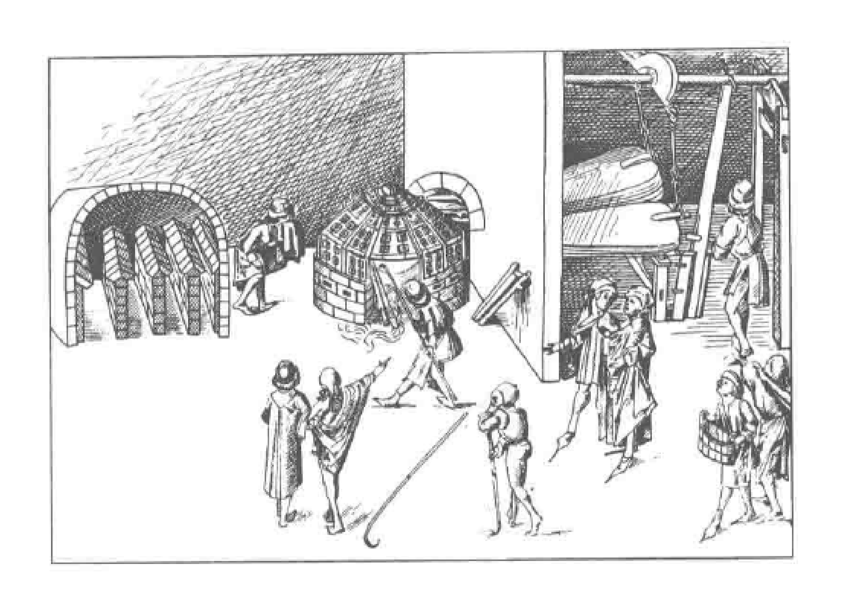


图35　画面中间是一个灰吹炉，在里边，熔析用的含银的铅被焙烧成一氧化铅，剩下的是纯银。还可看到一位操作工正用一种带钩的杆取走多余的一氧化铅。炉子用原木作燃料，用人力操作的两个风箱向里面鼓风。画面的左边是一系列焙烧室，用来烘干用过的(也就是银已被提取的)熔析块，即从铜中除去余下的铅。整个操作程序是：焙烧(没画出来)、冶炼和熔析(图34)、银的灰吹(图35)和精炼(图34)。出自德国南部的豪斯布鲁赫，约1480年。

(Henry Ⅲ)1234年授予约翰王子开采在泰恩河上的纽卡斯尔煤矿的特权。在那个"海运煤"的时期，煤用驳船从纽卡斯尔运抵伦敦，不过那里很快(1274年)便有贵族开始抱怨煤燃烧后的烟和难闻的气味。在整个13世纪，英格兰、苏格兰和日耳曼帝国的萨尔、列日、蒙斯、艾克斯拉沙佩勒和弗朗什—孔泰，以及法兰西的里昂、福来、阿尔斯和安茹的煤，都被用来烧石灰和做家庭燃料，也被用来冶铁和锻铁。13世纪，在英格兰、低地国家，在托斯卡纳和意大利北部的工业中心，铁匠们使用了大量的煤。由于煤燃烧后会产生含硫的烟雾，并不适用于除了冶铁过程中初炼工序以外的其他工序。当然，后来采用了高质量的无烟煤，煤也可以用于后面几道冶炼工序——这几道工序现在都使用焦炭。需要指出的是，直到18世纪，冶炼用的最普通的燃料仍是木炭。

水力的利用是现代冶铁技术革命的更强劲的动力(图36)。阿格里科拉将水力驱动风箱的首次应用定为1435年，但这显然太晚了。在阿尔卑斯山东部和西里西亚，水力驱动的风箱和锤子早在11—12世纪就被提及[56]。1135年，在施蒂利亚的阿德蒙特一个本尼迪克特教团的僧侣在莱奥本拥有一台水磨机，到1175年又拥有了碎矿机。我们还听说，在摩拉维亚的赫拉德茨也有类似的设施。此后，这些技术从东部地区传到德国中部，13世纪时在哈尔茨矿区的河谷地区有许多锻铁炉。和这些冶炼工厂有关的记载中，经常提及磨坊贮水池。我

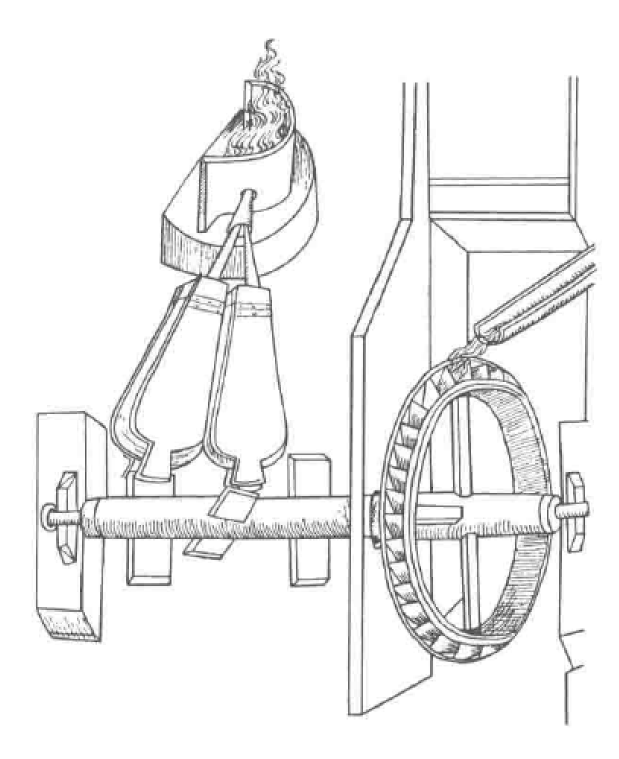


图36 一种熔炉用的水力风箱。
通过上射式水轮轴上的凸轮来转动(参见图582)。
出自一部15世纪的手稿。

们甚至在丹麦还发现了索菲（Sorø，1197年）提及的“铁磨”，是为了“利用矿石炼铁”而建造的。

法国的冶铁业首次使用水力也是在11—12世纪[57]，这里也是僧侣们首次将水力引入冶金。多菲内省的沙特勒兹修道院在1084年建成，水车约在1200年就得到了使用[58]。在西斯特教团的工程师昂内孔的维拉德（Villard de Honnecourt）的素描簿中，画有包括锯磨机在内的各种水力驱动机械（1270年，图584）。

在香槟（1203年），圣殿骑士团拥有了第一台铁磨[59]。也是在这个地方，君主1249年将一台铁磨赐给了臣民[60]。约在1283年，有人提及在纳博讷[61]、比利牛斯山和努瓦尔山（法国南部）也见到了其他铁磨。然而在13世纪，锤磨机在法国并不是那么普及。约一个世纪以后，碎矿机在萨尔出现。一份有关布里埃（1323年）的水力锻造的契约，曾经提到一个用水力驱动风箱的熔炉。这样，炼铁厂就从靠近铁矿和煤矿的地方搬到靠近河流和小溪的地方。这一趋势在几个世纪以后，随着蒸汽机的出现才再次出现。

2.8 中世纪的钢铁

如上所述，在10世纪以前的纷乱中，罗马和早期欧洲铁匠们的经验并没有丢失。由于铁制工具和武器仍有稳定的需求，冶铁业甚至从不断进步的技术和创新中获益。曾受恺撒大帝称赞的高卢地区的凯尔特铁匠为战车制作了铁轮，他们据说是盔甲的发明者，铸的剑却经常在战斗中弯曲而需要不断校直（边码456）。在斯堪的纳维亚，新统治者的武器显示出一定的改进。中世纪早期的传说中，有北欧海盗的长剑、法兰克人的战斧、撒克逊人的剑和矛。此时，铁匠仍然维持着他们在有影响力的行会中的成员身份。

所有著名的早期冶炼场都在继续生产，绝大部分炉子都有建在山腰上的天然通风装置，在一些新型炉子上还装有风箱。入侵欧洲的各

部落中经常有好的铁匠，还有像奥斯蒙（osmund）[1]炉这样新型的炉子，这些外国工匠好像从北部和东部带来了一些先进的冶金技术[62]。当时，绝大部分钢铁仍然是用很不经济的工艺从矿石中直接生产的，但是人们逐渐发现了生产生铁的新技术，可以进一步降低这种生铁的含碳量而得到熟铁，也可以进一步提高其碳含量而获得铸铁。

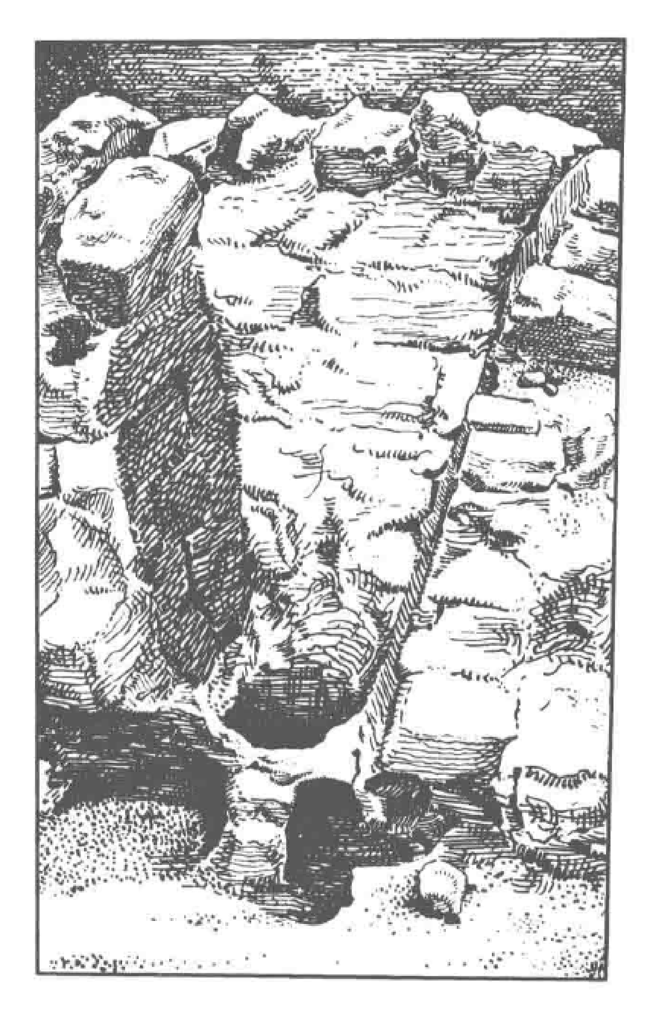


图 37　南斯拉夫中世纪的高炉。
可以很清楚地看到前面的两个进气口。炉子的侧面覆盖了一层被炉渣侵蚀的石英，这使我们多少了解了它所能获得的高温。

从 8 世纪开始，卡林西亚和科林斯就逐渐扩大钢铁生产规模，但年产量好像从没超过 2000 吨。在弗兰哥尼，10 世纪即开始生产铁。1228 年以后，铁在威斯特伐利亚（锡根地区）变得重要起来。与此同时，斯瓦比亚和匈牙利的制铁业也走到了前头。从 10 世纪开始，巴斯克地区逐渐成为铁的重要生产区和出口地区，洛林、保加利亚、多菲内、塞文山脉、普瓦图、安茹和诺曼底原来的锻造业也开始全面复苏。在 12 世纪，所有这些地方的锻造炉和冶炼炉都显著增多，而且出现了诸如阿尔卑斯山脉皮特蒙特和科多尔这样的新冶炼场。在不列颠，具有“中世纪的伯明翰”之称的迪恩森林的冶炼炉的产量，在 12 世纪也达到了一个新的高度，它为理查一世（Richard Ⅰ）提供了 5 万只马蹄铁，用以装备他的十字军骑兵。13 世

1　osmund 是一种特殊类型的瑞典铁，用来制造鱼钩和箭头那样的小器件。这个名称的起源尚不清楚。在 1281 年，它被称为诺曼人的铁（ferrum Normannicum）。

纪，许多地区的冶铁又有了进一步发展。这样，在洛林、香槟和多菲内等地方又有了新的活力，纳博讷的城镇成为向热那亚和许多近东地区出口钢铁的重要中心。

71

在这个时期，新旧炉型和冶炼技术的共存非常混乱，许多关于炉床和炉子的地方术语让情况变得越来越混乱。总的来说，中世纪的冶炼技术仍然很不经济，这从表 2-1 中可以清晰地看出。

表 2-1 中世纪炼铁技术比较［乔纳森 (O. Johannsen) 提供］[63]

名称	每次熔炼的铁的重量（以千克为单位）	消耗的燃料与矿石的比率（百分比）	铁产出率（百分比）
块炼炉	60—70	450（煤）	12.5（用含 25% 铁的铁矿石）
科西嘉炉	125	880（煤）	38.5
加泰罗尼亚炉	150	360（木炭）	31.0
土法吹炼炉	300—900	250（煤）	39.0（炉渣中含 30% 的铁）

这些铁矿必须通过破碎和洗选初步除去矿石中的杂质。这些操作到 15 世纪完全机械化了。大部分矿石先用新木材焙烧，然后立即用水熄灭 (*Löschen*)，以溶解部分硫和铜的化合物。有时候，矿石在冶炼前还要先风化。

块炼炉是最原始的炼铁炉，它将矿石同木炭混在一起，上面盖上燃料（用石头围住），风箱直接将风吹进炉膛的中部。这种工艺很不经济，一般只用于冶炼很纯的铁矿。回收的铁块可以放在一个相似的炉子中重新加热，然后用锤子将其中的铁渣去除掉。

科西嘉人的炉子分两步提炼铁矿：(a) 焙烧，部分还原；(b) 熔化、还原和渗碳。炉子的固定部分（图 38A）是相互成直角的两堵炉墙，分别用于保护冶炼工人和隔离风箱装置，风口通过隔离风箱的墙伸入炉膛中心进行鼓风。除了这些墙和地基以外，炉子的其他部分都是临时的，用木炭、铁矿和炉灰堆成一种特别的形状，以便每次进行

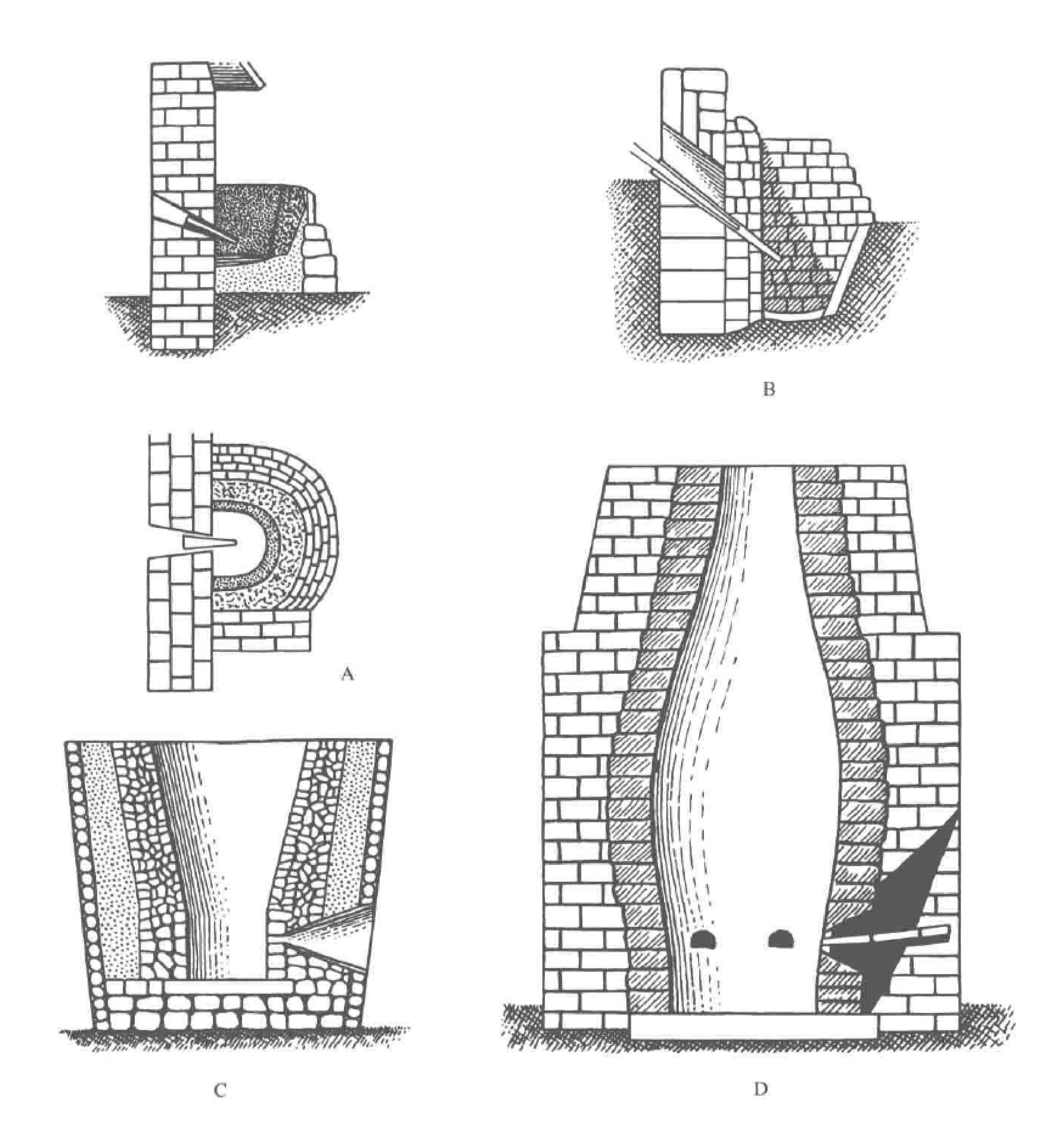


图 38　冶铁炉的发展。

(A) 科西嘉炉的剖面图及平面图。固定部分仅仅是带风箱通风口的两面砖墙。破碎的矿石与木炭被砌入半圆形的空间中，用大块的矿石作为内支撑。当中的空间装入炽热的木炭，保持温度直至矿石被充分焙烧。然后半圆形被打破，温度升高直至渗碳到一定程度后炼成熟铁，这与原始的炼铁炉是非常相似的。

(B) 加泰罗尼亚炉，在西班牙首次使用，有更持久的结构，在中世纪很流行。

(C) 奥斯蒙特炉，显示出加高的炉子，隔热效果也更好。

(D) 土法吹炼炉，中世纪莱茵河畔炼铁工匠的一项改进产物。用木炭将矿石连续还原，矿石慢慢沿炉子高处落下来，炉渣和金属可以从底部排出。炉子越高需要越强的鼓风，风是通过水力驱动的风箱提供的。这种炉子在适当条件下可以炼出铸铁。

焙烧和熔炼的操作。在图 38A 中，为焙烧而建的马掌型装置用于鼓风，风力不是很强，不会使铁矿石过分熔化。已焙烧的铁矿石破碎后与更多木炭一起被捣碎，重新砌成 V 形。在强力鼓风、加热并不断地添加各种原料后，炉子的底部可以收集到渗碳后的铁。

73 加泰罗尼亚炉（图 38B）最初被用来冶炼多孔的褐铁矿（褐铁矿，接近于 $2Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$），但它也可以用于冶炼赤铁矿这种最普通的铁矿石和其他一些大块的矿石。这些矿石先被风化，然后在可容纳约 20—35 英吨[1]矿石的大而宽敞的炉子里焙烧。已破碎了的经过预焙烧的矿石集中倒入对着风口的斜墙上，其他墙上则堆满木炭。每次操作大约可熔炼 500 千克铁矿石，破碎的矿石较容易被还原，但也更容易被炉渣吸收。如果矿石中含有一定量的锰，在熔炼过程中炉渣吸收杂质的能力就会增加，这样可能会生产出含碳约 0.3% 的铁。这种铁能通过淬火变硬，也是一种钢。

不同形式的竖炉都在使用。罗马和早期欧洲的铁匠使用带有自然通风装置的竖炉，有时还用风箱，这种炉子多半用于含锰的矿石或很难熔炼的低品级铁矿。甚至在史前时期，就有高度达到 7 英尺的炉子。随着铁尤其是钢的需求不断上涨，人们采用水力驱动的风箱建造更大的熔炉，并获得更高的温度。这一系列的技术进步直接导致了高炉的诞生，但在 16 世纪前并没得到适当的发展[64]。

土法吹炼炉（Stückofen）起源于施蒂里亚，在中世纪很流行，是罗马时期炼铁炉的直接延伸（图 38D）。起初，这些炉子约 10 英尺高，后来升至 14 英尺。在 15 世纪和 16 世纪，它们仍然是最好的熔炉。当铁匠逐渐意识到需要有效地铸造生铁时，他们对土法吹炼炉的鼓风作了改进，既可以生产生铁也可以生产熟铁。这种熔炉的理想高度是 10—14 英尺，有一个特别的孔洞，炉渣可以通过这个孔洞排出。改进后的原始土法吹炼炉被称作高炉（*Blasofen*，图 37）。表 2-2 中对锡

1 1 吨 = 1000 千克 = 0.984 英吨。

根地区冶铁炉的调查，显示了炉子的演化和机械化如何逐步实现，以及不同类型的炉子怎样一起工作。

1430年，在土法吹炼炉中炼出的熟铁块重约370千克。到1470年，这个重量增加到400千克，到15世纪末则达到500—600千克。这种炼炉年产量40—50吨，约是较原始炼炉产量的3倍。

表2-2 锡根地区的冶炼工场个数调查［吉勒斯（Gillis）提供］[64]

年份	1311年	1417年	1444年	1463年	1492年	1505年
冶炼厂	?	19	26	25	18	16
熟铁吹炼炉	1	/	/	/	/	/
生铁厂	/	/	2	4	11	13
制钢的锻冶炉	?	1	8	11	13	15
总计	?	20	36	40	38	44
用水力的工场总计	1	6	24	30	38	44
废弃的	?	/	3	/	/	/

14世纪，人们采用水力驱动的风箱（图36）后（每个炼炉至少有两个风箱），开始生产大块生铁或称“炉底铁”。这样一来，还需要更多的水力驱动铁锤，以便将生铁锻打成熟铁（图554）。这种新型炉子约在1340年出现在那慕尔附近，约在1400年出现在列日附近，约在1474年出现在拿骚地区。1486年，一种用于制造铸铁炮弹和枪的新型熔炉建在佩尔什（法国西北部）。 74

随着采用更强的鼓风机和更硬的木炭，人们可在高大的土法吹炼炉里获得更高的温度，炉渣中的铁含量也会减少，部分铁中含有足够的碳而熔化。在13世纪，人们就已经通过进一步增加铁中的碳含量，生产出令人满意的铸铁。但是，这项技术的掌握进程较为缓慢，直到15世纪才被大规模使用[65]。在这以前，可以通过加入辉锑矿、砷、锑和铜来使熟铁熔化，但现在可以用两倍的燃料来熔炼几百千克的生铁从而得到铸铁。大约是1450年，费拉雷特（Filarete）在他的著作 75

《建筑学》(*Architettura*)中描述过布雷西亚附近地区的这种炉子。

约1325年，枪炮在德国首次被制出，用锻造过的铁制成，但是约1350年就开始使用青铜铸的军械了。大约30年后，第一门真正的铸铁大炮出现，青铜炮却仍然一直使用，直到15世纪完全掌握了铸铁技术。14世纪末，美因河畔法兰克福有一个叫加斯特(Mercklen Gast)的人，首次用广告宣传他的制造铸铁军械的技术。在15世纪早期，让铁水从熔炉里直接浇铸到模子中的技术取得成功。随后，铸铁逐渐传到德国西部、法国东北部和意大利北部。这些技术进步与“铸铁师”这一名词的出现相一致，与之伴随的是一些技术的淡出，例如通过熟铁锻打来生产炮弹的技术。钢仍然通过在炽热的炉缸渗碳而成，也可以在土法吹炼炉里通过适量脱碳来生产。

直径2米的水车驱动的自重500—1600千克的机械锤被用来锻铁。发展到后来，重300千克的锻锤，每分钟可打击60—120次；较轻的重70—80千克的锻锤，每分钟可打击200次。在巴伐利亚的安贝格，这些制铁中心能将钢棒锻打成铁板。

在10世纪拔丝板发明以前，铁丝一直是通过锻打铁得来的。拔丝板由一种微型坩埚炉里炼出的上等铸铁制成，上面打出了一系列直径递减的孔洞(图39)。在14世纪早期，水力装置就已经用于拔丝。这种工艺1351年在奥格斯堡付诸实施，纽伦堡则稍晚一些。水轮带动曲柄，绳子拴在曲柄上，绳子末端是用夹具夹住的一把钳子(图39)。铁匠把自己悬挂在秋千上，以便于能用钳子钳住从拔丝板中抽出的铁丝，更能在曲柄将铁丝拉长时跟着往后退。当然，像金、银、铜这些低强度的金属，就不必用这种麻烦的方法来拔丝了。

最早的铁针没有针眼，只有闭合的钩，由纽伦堡(1370年)和施万巴赫的针匠行会生产。15世纪，第一枚带针眼的铁针在低地国家制作而成。剑通常由米兰、布雷西亚和帕绍等城镇的制剑专家制作。在巴尔巴罗萨大帝(Emperor Barbarossa,1152—1190)时期的意大利战

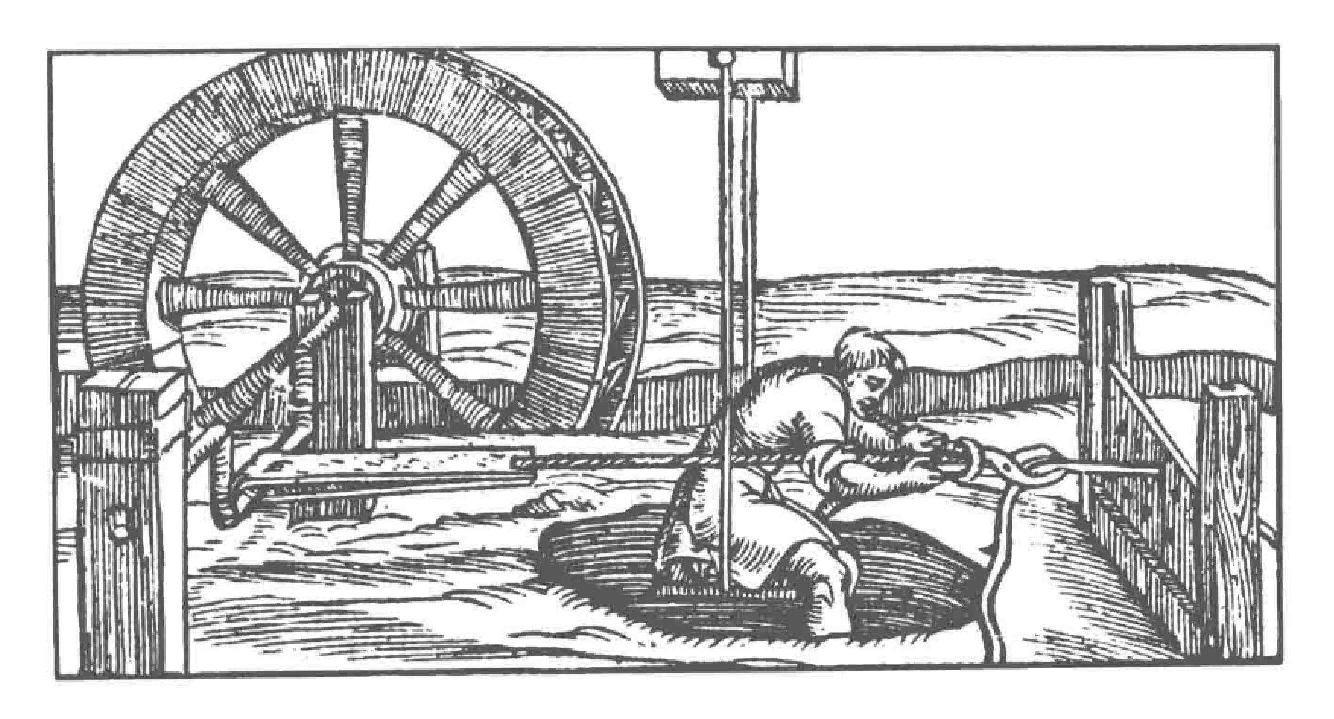


图 39　正在拔粗铁丝。
工匠坐在秋千上，秋千随曲柄移动，曲柄则由下射式水轮带动，若绳子松弛、秋千向前移动，他便把钳子向前移动。绳子绷紧时，他便用钳子夹紧钢丝。选自比林古乔（Biringuccio）的著作《火术》（*Pirotechnia*），1540 年。

争期间，这种锻造工艺传到了索林根。长柄大镰刀原先在施蒂里亚制作，1240 年以后，克伦贝尔格和普拉顿贝尔格也开始制作了。这几个例子表明，制铁业在中世纪已经非常专业化（图 40），例如有了专门制作锚和马蹄掌的铁匠（图 41、图 42）。

76

铁和各种钢的贸易遍及欧洲。英格兰生产足够多的铁，但同时也大规模进口钢制品。法国从德国、比利时和西班牙等地获得铁制品，西班牙生产的铁沿着大西洋沿岸贸易。在罗讷河流域，铁主要来自意大利。施蒂里亚和卡林西亚生产的钢被卖到阿奎莱亚和威尼斯，然后再向东运至土耳其。它被称作“匈牙利器具”卖到德国西部，然后顺莱茵河而下输往英格兰。在那里，人们把它叫作“莱—布材料（Lymbrique stuff）”，这个名词来自莱奥本和布吕克两个城镇的名称的混合。蒂罗尔生产的钢被卖到因斯布鲁克，然后沿着相同的路线到达英格兰。多瑙河与美因河之间地区生产的铁板，则拿到安贝格去卖。德国中部的铁主要来自哈尔茨山地区和图林根的施马卡尔登。著

名的商业同业公会从巴斯克地区做西班牙铁的生意，在但泽和吕贝克销售瑞典奥斯蒙铁，在锡根和科隆销售威斯特伐利亚钢。在比利时，铁的贸易集中在列日，那里有强大的费夫尔公司（*Corporation des Fèbvres*）。

在14世纪后半叶，金属产量锐减，主要是因为黑死病（1348—1350）和百年战争（1338—1453）。传染病的第一次高峰过去后，欧洲大陆和其他地方的劳动力严重短缺，导致冶金业进一步衰退，坎伯兰的炼铁厂的产量跌了一半。在1349年和1351年，曾有法令出台试图控制劳动力形势，不让工人离开他们的工作岗位。接着，物价普遍上涨，铁和木炭的价格翻了一番。奇怪的是，钢的价格仅上涨了25%，但在那个时期，英格兰还得进口钢，因为当时国内钢产量很低，仅用来制作盔甲、武器和一些较高级的工具器械。

77

在欧洲其他地方发现了相同的情况。在法国，也有劳动者离开冶炼业而去农场的趋势，钢和

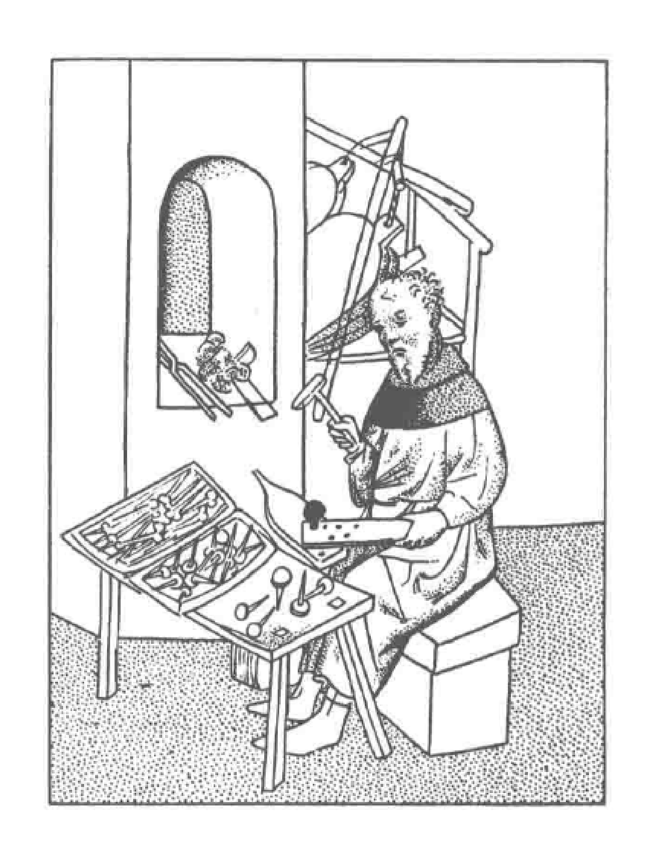


图40　15世纪晚期德国的铁钉匠。
把金属用锤击进一系列大小不同的孔中，原始形状的铁钉就形成了。



图41　约1492年埃洛伊（Eloi）铁匠铺的意大利锻造炉。出自一本威尼斯著作的扉页。



图 42 一幅约 1500 年的德国南部的木雕。
显示了圣埃洛伊在铁匠铺的情形。传说为了简化钉马掌的工艺，他先抬起马腿，再固定上马掌，然后将马腿放回原处。

铁的价格猛涨，许多锻造厂和矿山在战争中被摧毁。法兰克尼亚和波希米亚人逃脱了黑死病，但这里的采矿业和冶金业也衰退了，如同西里西亚、匈牙利、朗梅尔斯堡和康沃尔一样。1450 年工业生产恢复以后，许多国家中有经验的冶金工匠变得极其稀少，在法国以及后来在英格兰对那个时期进行记载的文献中，经常提到德国专家。

此外，严重的技术困难阻碍了采矿业和冶金业的复苏。哈尔茨山区、萨克森、波希米亚、匈牙利、阿尔萨斯、瑞典和康沃尔的许多铁矿石都已经开采殆尽，不得不开采更深的矿层。这就导致了地下水的涌入，很多钱不得不花在排水机械上，例如水轮驱动的机械或马拉脚踏的机械（图 19、图 20）。洗矿、粗碎、破碎还得依靠手工操作和露天操作，太多的敞口炉子和用人力驱动风箱的小锻造炉都在很不经济地运行着。

78

补救的措施在于集约化和机械化。集约化开始于工业复苏时。冶炼工厂是由多个小炉室构成的大型冶炼工场，每个小炉室都含有为每步操作准备的专用炼炉和炉床，靠在同一座长而厚的主墙上。当时，这种炉子在许多地方都建了起来，巨大的资金花费只能依靠银行家的帮助来实现。早期的西方资本主义也为采矿业和冶金业的机械化提供了出路，矿冶业在 1460—1530 年又呈现新的繁荣景象。然而，此时从新大陆来的贵金属和信用危机，又破坏了对这种产业劳资新关系的调整，这种关系是随着集约化和机械化的加强而产生的。

79

相关文献

[1] Pliny *Nat. hist.*, XXXIII, xxi, 66. (Loeb ed. Vol. 9, pp. 50 ff., 1952.)Herodotus I, 93; V, 49. (Loeb ed. Vol. 1, p. 120, 1920; Vol. 3, pp. 50 ff., 1922.) Strabo XIII, C 626; C 591. (Loeb ed. Vol. 6, p. 172; p. 44, 1929.)

[2] *Idem* XIII, C 591; XIV, C 680. (Loeb ed. Vol. 6, p.44; pp. 368 ff., 1929.)

[3] Pliny *Nat. hist.*, XXXIII, xxi, 70–78. (Loeb ed. Vol. 9, pp. 54 ff., 1952.)Strabo III, C 146. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 38 ff., 1933.)

[4] Aethicus Istricus *Cosmographia*, II, 28, trans. by Saint Jerome, ed. by H. Wuttke (2nd ed.), p. 16. Dyk, Leipzig. 1854.

[5] Pliny *Nat. hist.*, XXXIII, xxxii, 99–100. (Loeb ed. Vol. 9, pp. 74 ff., 1952.)

[6] Theophilus Presbyter *Diversarum artium schedula*, III, 36–37, ed. and trans. by R. Hendrie. Murray, London. 1847. See also ref. [47].

[7] Pliny *Nat. hist*, IX, lxv, 139; XXXIV, iii, 5–8 (Loeb ed. Vol. 3, p. 256, 1940; Vol. 9, pp. 128 ff., 1952); XXXVII, xii,49.

[8] *Idem Ibid.*, XXXIII, xix, 61. (Loeb ed. Vol. 9, p. 48, 1952.)

[9] Hutin, S. 'L' Alchimie', p. 72. Presses Universitaires de France, Paris. 1951.

[10] Vitruvius VII, viii. (Loeb ed. Vol. 1, p. 116, 1934.)

[11] Herodotus III, 57. (Loeb ed. Vol. 2, p. 72, 1921.) Pausanias X, xi, 2. (Loeb ed. Vol. 4, p. 426, 1935.)

[12] Pliny *Nat. hist.*, XXXIV, xlvii, 159. (Loeb ed. Vol. 9, p. 242, 1952.)

[13] Strabo IX, C 399. (Loeb ed. Vol. 4, p. 274, 1927.)

[14] *Idem* III, C 146. (Loeb ed. Vol. 2, p. 42, 1923.) Mingazzini, P. *Studi Sardi*, **10**, 3, 1950.

[15] Pliny *Nat. hist.*, XXXIII, xliii–xliv, 126–27. (Loeb ed. Vol. 9, p. 94, 1952.)

[16] *Idem Ibid.*, XXXIII, xiii, 46. (Loeb ed. Vol. 9, p. 38, 1952.)

[17] *Idem Ibid.*, XXXIV, xlviii, 161. (Loeb ed. Vol. 9, p. 242, 1952.)

[18] *Idem Ibid.*, XXXIV, xlviii, 160, 162. (Loeb ed. Vol. 9, pp. 242 ff., 1952.)

[19] Strabo III, C 142. (Loeb ed. Vol. 2, p. 24, 1923.) Pliny *Nat. hist.*, XXXIV, ii, 4. (Loeb ed, Vol. 9, p. 128,1952.)

[20] *Idem Ibid.*, XXXIV, xx, 95. (Loeb ed. Vol. 9, pp. 196 ff., 1952.)

[21] Theophilus Presbyter *Diversarum artium shedula*, ed. and trans. by R. Hendrie, chap. 67, p. 313. Murray, London. 1847. See also ref.[47].

[22] Dioscorides V, lxxv, 3 (ed. M. Wellmann. Weidmann, Berlin. 1914; 'englished' by John Goodyer a.d. 1655, ed. by R. T. Gunther, chap. 85, p. 625. Publ. by the author, Oxford. 1934.)

[23] Täckholm, U. 'Studien über den Bergbau der römischen Kaiserzeit.' Appelberg, Uppsala. 1937.

[24] Theophrastus *Hist. plant.*, V, ix, 3. (Loeb ed., 'Enquiry into Plants', Vol. 1, p. 468, 1916.) Pliny *Nat. hist.*, XVI, viii, 23. (Loeb ed. Vol. 4, p. 402, 1945.)

[25] Josephus *Antiquitates Judaicae*, XVI, 4. ("Antiquities of the Jews", p. 474 in 'The Works of Flavius Josephus', trans. by W. Whiston, newly ed. by D. S. Margoliouth. Routledge, London. 1906.)

[26] Livy XLV, xxix, 4–14. (Loeb ed. Vol. 13, pp. 346 ff., 1951.)

[27] Besnier, M. *Rev. archéol.*, cinquième série, 10, 37, 1919.

[28] Tacitus *Annales*, VI, xix. (Loeb ed. Vol. 3, p. 184, 1937.)

[29] Caesar *De bello gallico*, V, xii. (Loeb ed., p. 250, 1917.)

[30] Warmington, E. H. 'The Commerce between the Roman Empire and India.' University Press, Cambridge. 1928.

[31] Pseudo-Aristotle *De mirabilibus auscultationibus*, lxii. (Loeb ed., p. 262, 1936.)

[32] Dioscorides V, lxxiv–lxxv. (ed. M. Wellman, Weidmann, Berlin. 1914; 'englished' by John Goodyer a. d. 1655, ed. by R. T. Gunther, chaps. 84 f., pp. 623 ff. Publ. by the

author, Oxford. 1934.)

[33] Pliny *Nat. hist.*, XXXIV, xli, 143–46. (Loeb ed. Vol. 9, pp. 230 ff., 1952.)

[34] Richardson, H. C. *Amer. J. Archaeol.*, **38**, 555, 1934.

[35] Curtius IX, viii, 1. (Loeb ed. Vol. 2, p. 432, 1946.)

[36] Homer Iliad, XXIII, 825. (Loeb ed. Vol. 2, p. 556, 1925.)

[37] Varro *De re rustica*, I, xvi, 4. (Loeb ed., pp. 220 ff., 1934.)

[38] Diodorus V, 13. (Loeb ed. Vol. 3, p. 130, 1939.) Strabo V, C 223. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 354 ff., 1923.)

[39] See ref.[29]

[40] Nef, J. U. "Mining and Metallurgy in Medieval Civilisation" in 'The Cambridge Economic History', Vol. 2, p. 433. University Press, Cambridge. 1952.

[41] Gille, B. 'Les origines de la grande industrie métallurgique en France', pp. 1–8. Collection d' histoire sociale, no. 2. Domat Montchastien, Paris. 1949.

[42] Salin, E. and France-Lanord, A. 'Rhin et Orient', Vol. 2: 'Le fer à l' époque mérovingienne.' Geuthner, Paris. 1943. France-Lanord, A. *Pays Gaumais*, **10**, 1, 1949.

[43] Codex Theodosianus X, xxii, 1. (*Theodosiani Libri XVI*, ed. by T. Mommsen and P. M. Meyer, Vol. 1, ii, p. 566. Weidmann, Berlin. 1905.)

[44] *Compositiones ad tingenda musiva*, ed., trans., and comm. by H. Hedfors. Diss, Uppsala. 1932.

[45] Way, A. (Ed.) *Archaeologia*, 32, 187, 1847.

[46] Heraclius *De coloribus et artibus Romanorum*, ed., trans, and comm. by A. Ilg. Quell. Kunstgesch. Kunsttechn., Vol. 4. Braumüller, Vienna. 1873.

[47] Theophilus Presbyter *Diversarum artium schedula*, ed. in part and trans. with comm. by W. Theobald: 'Die Technik des Kunsthandwerks im zehnten Jahrhundert.' Verein Deutscher Ingenieure, Berlin. 1933; ed. and trans. by R. Hendrie: 'An Essay upon vaious Arts by Theophilus called also Rogerus.' Murray, London. 1847.
The following references give Theobald' s chapter numbers; where Hendrie' s differ, these are given in parentheses.

[48] Theophilus Presbyter *Diversarum artium schedula*, III, 46–49, 33–36.

[49] *Idem. Ibid.*, I, 23 (24), 30; II, 27, 35, 36; III, 4–22, 23.

[50] *Idem. Ibid.*, III, 62–64, 66 (63–65, 67.)

[51] *Idem. Ibid.*, III, 84 (85), 3.

[52] *Idem. Ibid.*, III, 91, 60 (61.)

[53] Albertus Magnus *De Mineralibus* in *Opera omnia*, ed. by A. Borgnet, Vol. 5, pp. 1–116. Vivès, Paris. 1890.

[54] Bergweak-und Probierbüchlein, trans. and annot. by Anneliese G. Sisco and C. S. Smith. Amer. Inst. Min. and Metallurg. Engrs, New York. 1949.

[55] Das Mittelalterliche Hausbuch, ed. by H. T. Bossert and W. F. Storck, Pls 38, 39 (fols 35b, 36c). Seemann, Leipzig. 1912.

[56] Johannsen, O. *Stahl u. Eisen, Düsseldorf*, **36**, 1226, 1916.

[57] Gille, B. *Métaux et Civil.*, **1**, 89, 1945.

[58] Bouchayer, A. 'Les chartreux maîtres des forges.' Didier et Richard, Grenoble. 1927.

[59] Archives Nationales, Paris: MS. S 4955, no. 10.

[60] *Ibid.*: MS. J 195, no. 34.

[61] *Ibid.*: MS. JJ 48, no. 160.

[62] Rhodin, J. G. A. *Engineer, Lond.*, **142**, 136, 1926.

[63] Johannsen, O. 'Geschichte des Eisens' (3rd ed. rev.), pp. 120–26. Stahleisen, Düsseldorf. 1953.

[64] Gillis, J. W. *Arch. Eisenhüttenw.*, **23**, 407, 1952.

[65] Johannsen, O. *Stahl u. Eisen, Düsseldorf*, **30**, 1373, 1910.

参考书目

Agricola, Georgius. *De re metallica libri XII.* Froben, Basle. 1556. Eng. trans. and comm. by H. C. Hoover and Lou H. Hoover. Mining Magazine, London. 1912.

Bailey, K. C. 'The Elder Pliny' s Chapters on Chemical Subjects' (2 parts). Arnold, London. 1929, 1932.

Forbes, R. J. 'Metallurgy in Antiquity.' Brill, Leiden. 1950.

Gowland, W. "The Metals in Antiquity." *J. R. anthrop. Inst.*, **42**, 235–87, 1912.

Johannsen, O. 'Geschichte des Eisens' (3rd ed. rev.). Stahleisen, Düsseldorf. 1953.

Rickard, T. A. 'Man and Metals' (2 Vols). McGraw-Hill Book Company, London, New York. 1932.

Straker, E. 'Wealden Iron.' Bell, London. 1931.

更多参考请见：

Forbes, R. J. 'Bibliographia Antiqua, Philosophia Naturalis' , Part 2: 'Metallurgy.' Nederlandsch Instituut vor het nabije Oosten, Leiden. 1940–50, and supplement I, 1952.

第3章 农 具

E. M. 约普(E. M. JOPE)

3.1 有关耕作的一般考虑

81

农用工具的历史是整个农业历史的一部分。本书不可能对这一主题作总体考量，不过其他章节(第Ⅰ卷，边码 539 起；第Ⅱ卷，边码 591 起，边码 670；图 503)还是涉及农用工具历史的某些方面。

古地中海农业发展的鼎盛时期是在公元前的最后几个世纪，尤其是在意大利和托勒密王朝的古埃及，人们十分注重农用工具和耕作方法的选择与改进。随着奴隶们耕作的大庄园收缩为较小的小农经济，这些改进传遍了整个罗马帝国。从那以后，地中海农业几乎没有显著的变化。

在西欧和北欧，气候更加寒冷潮湿，面对的问题完全不同。对这些难以耕种却最终更为多产的土地的开发始于罗马时代，虽然在某些地方超出了罗马帝国的边界。这一过程持续了 1000 多年，才达到了最广泛的程度。这里将展现本卷所涵盖时期内最有意义的农业进展。从青铜时代起，犁就是一种非常有经济意义的工具。在将难以耕种但更多产的黏性土地开垦成适于谷物类精细作物生长的土地时，犁的重要性进一步加强了。这一过程直到公元肇始才真正开始，在那之前，原始欧洲犁的样式类似于目前地中海地区使用的那种，这些犁说到头都来源于近东的古代文明。

地中海农业和北欧黏土农业的问题完全不同。前者对付的是具有渗透性的砂壤土，总是牵涉如何保持湿度，达到这一目标的方法是始终保持土地表层的松散，这项技术称为“旱作法”。后者面对的是一种不易渗透的难耕作土壤，更多关注的是有效的排水。然而在铁器时代前，原始地中海人的早期农业基本被限制在砂壤土范围内，所以，地中海农业的方法并不是处处都完全不适用于北欧国家。通常认为，在青铜时代，直到大约公元前500年，西北欧的气候要比这以后时期的气候更温暖和干燥[1]。但是，由于罗马军队和城镇不断增长的需要，对于精耕细作的谷类作物的生产变得越发急迫。地中海的耕作方法仅仅是松散了砂土的表层，并不适用于当时必须开垦的难耕作土壤。这一变化反映在翻耕工具和方法的根本变革上。

82

虽然受到了罗马后期动荡不安局势的一些影响，开发不易耕作的土地的进程却依然一直持续了1000多年，到13世纪或14世纪才达到了顶峰。由于各种经济和社会的原因，那时谷物的生产在欧洲的某些地区有所缩减，但家畜饲养业得到了发展，尤其是羊的饲养。

3.2 早期的犁

在欧洲新石器时代，农民似乎没有使用任何一种牵拉式犁，小块土地的耕作可能使用锄、铲木或者是早期的鹤嘴锄。在传统的古代东方以及西欧和北欧的原始人中，所有早期的犁的构造都遵循同样的基本原理（图43—44）。这种犁有一个犁座，犁座前端几乎与地面水平，起着翻开土地的作用。拖拉力通过杆和梁传送给犁座，把手或者是犁座向后延伸出来的部分，也许是犁座尾处的一个独立的犁桩。最简单的犁的犁座和犁杆，是用一截树杈以及与树干的连接处制成的。对这一形式的各种改进，只是为了适用于当地的土壤和地势状况，这样的

83

1 假想的晚期青铜时代的潮湿气候，可能比现在的实际状况更明显。我们所看到的湿润土壤状况可能来自于土地表面水分的重新分布，这是1000年中森林消失和农耕枯竭后遗弃的土地造成的累积效应。

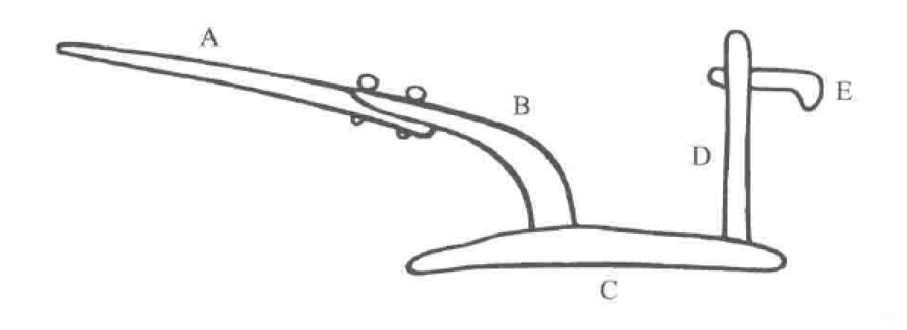


图 43　古希腊犁的示意图：(A) 拉杆；(B) 拉梁；(C) 犁座；(D) 犁桩；(E) 把手。

工具仅仅能够翻动土壤表层，将土和石头推向两边。

犁的主要特点是可以整理出延伸的垄沟，这与锄和挖的动作形成对比，锄和挖的刃具会在一系列不连续的动作中离开土壤。有一种形式的古代犁（第Ⅰ卷，图 43），看起来好像源于把一个埃及大锄（第Ⅰ卷，图 350）拉过地面而产生的构思。另一种熟知的类型具有水平拉杆（第Ⅰ卷，图 351），似乎有一些新的想法，被认为是牵引式犁的雏形。这些表象也许是人们的错觉，牵引式犁的起源至今仍然无法确定，虽

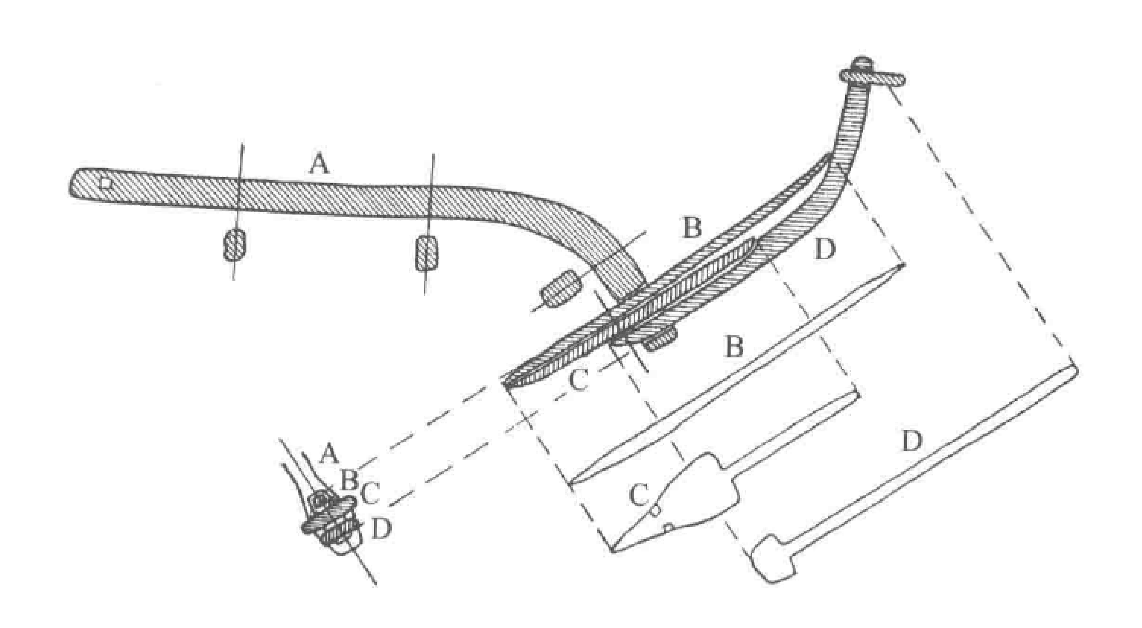


图 44　来自日德兰中部登纳普兰的犁的剖面图。
早期铁器时代。从犁桩到犁梁长 2.15 米。(A) 桦木制犁梁；(B) 栎木制条形犁铧；(C) 栎木制箭形犁铧；(D) 栎木制带把手的犁桩。注意犁座与拉杆形成了一个角度。

然我们可以追溯到犁在设计上的一些更重要的特点和改变的最早采用。

牵引式犁很有可能起源于埃及和波斯之间的某个地区，从那里渐渐扩展到欧洲大部、北非和东方，约在公元前4世纪引入到了中国，这成为传播途径的一种范例（第Ⅰ卷，第3章）[1]。已知最早的关于牵引式犁的例证，出自公元前第四个千年乌尔的王陵的一个苏美尔封印上。

早期犁的构造细节 在一把设计良好的早期犁中，犁梁的形状以及它与犁座构成的角度，能使犁夫用最小的力而耕作得更深。在希腊和近东描述的许多犁中，拉梁较短，拉杆与拉犁之间有着固定连接延伸至轭具上，这里采用的是嵌接或楔接，或者就直接用链绳。只是在后罗马时期，犁才使用了韧性连接，给了拉犁者更大的自由度。在美索不达米亚和埃及，通常把犁描绘为从犁座处分出来两个把手（第Ⅰ卷，图43、图351）。公元前第二个千年期间，可以见到扶手配有一个下伸的竖直的管，谷种通过管子直接撒入刚刚耕作过的垄沟（第Ⅰ卷，图365）。比起随意的播撒，这种方法更经济些，不过流传下来的却是随意播撒的方法。相对古典希腊社会和北欧原始人都使用的这种单个犁桩的嵌入式把手，两个叉形把手使人对犁的掌握更容易且更稳定（图45—46，图52—53）。



图45 古希腊人的犁。
来自一个黑色造型的尼科斯尼斯罐，公元前6世纪。

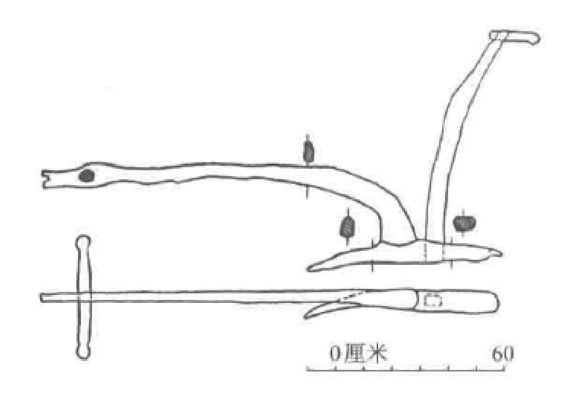


图46 来自丹麦日德兰韦伯斯楚普的犁的复原图。
早期铁器时代。注意同古希腊人的犁（图43）的相似之处：带有水平式犁座，拉梁从犁座分支出来，以及分离的竖直犁桩扶手。

在存留至今的早期铁器时代(约公元前500—前100)北欧地区的这种犁中，拉杆直接连到犁座上，从犁座分支出来。犁桩扶手是独立的，而且犁座近于水平(图46)。但是也有一种犁，犁座有一个角度，并且向上弯而形成扶手，好像一个挖土木铲或锄刀被犁梁拖着一样(图44)。现在知道这种样式来自埃及(公元前16世纪)，在罗马各个行省使用。

从古希腊的资料中，例如从诗人赫西俄德(Hesiod，约公元前700年)那里，我们注意到了对犁各个部件的木材的细心选择。以坚韧著称的圣栎木被用来做犁梁，弯曲部分承受特殊的张力。犁座用栎木制作，犁杆使用榆木或桂木。泰奥弗拉斯托斯(Theophrastus，约公元前371—前287)提到，栎木和榆木能分别在泥土和空气中抗腐烂[2]。丹麦早期铁器时代的犁(图44)用桤木或桦木做犁梁，栎木或榛木做弯扶手，栎木、桤木、桦木或椴木做犁头和犁桩，犁铧则用栎木制作(其中一把犁则明显是用接骨木制作的)[1]。犁座常与犁垄摩擦，表面易受磨损，因此有时用许多卵石嵌入到木头的孔中作为保护(图47)，这一方法在许多地区持续到现代。

用铁套——犁袜或犁铧——保护犁的铧刀，这是木制犁最重要且最明显的改进之一。没有发现早期使用铜或青铜做犁铧的证据，埃及

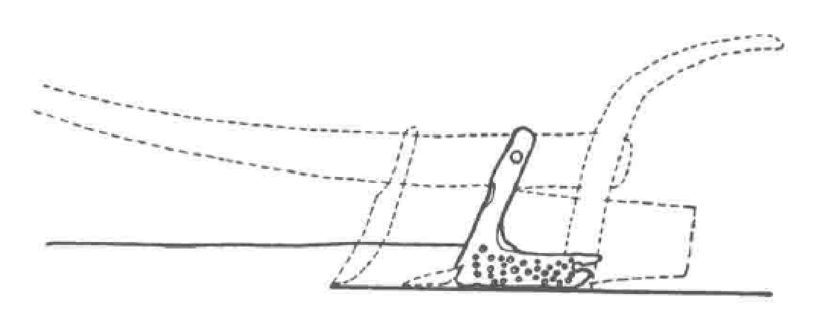


图47　出自日德兰策默比的犁的复原示意图。
大约是铁器时代。残存部分高52厘米，榉木制作，可以见到嵌入侧面的卵石。

1　软木用于丹麦铁器时代的犁的各个部件，表明它们可能是还愿的贡品，这可能包括在使用中的犁的某些部件，比如像硬木制作的犁铧。

人似乎在王朝的大部分时间都将燧石套在犁上。在北方，铁器时代（公元前15世纪以来）的犁经常使用可分离开的硬木制作的长杆状犁铧，例如采用接骨木或栎木，近东的一些早期的犁可能也是这样装配的。随着铁在东地中海地区开始使用，铁制犁铧渐渐被广泛使用。在巴勒斯坦，公元前12—前10世纪基拉耳的铁匠铺里发现了铁制犁铧（图48），还在美吉多发现了公元前926年以前的其他一些铁制犁铧。此外，希腊化社会没有任何铁制犁铧存在的证据。

在罗马时期，铁制犁铧在北部省份以及意大利广泛使用。加图（公元前234—前149）提到了可以拆下的犁铧，普林尼提到了适合于犁座改变的不同种类的犁铧[3]。在罗马入侵前的公元前1世纪，铁制犁铧就在不列颠的比利其族人部落中使用了，这大概是因为罗马的影响要早于罗马军队的入侵。这些早期的铁制犁铧通常是承口式的，不过偶尔也有狭长矛形的（图49）。

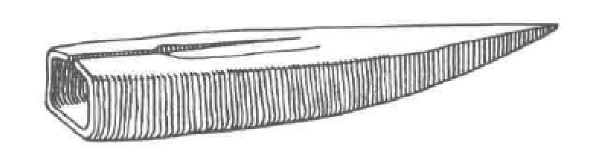


图48　出自巴勒斯坦基拉耳的铁制插入式犁铧，公元前12—前10世纪。

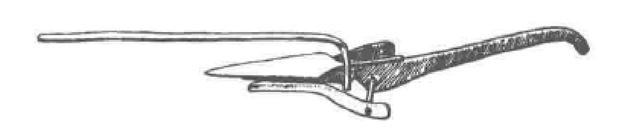


图49　出自科隆的罗马时期的犁模型。展现有将泥土推到两边的土翻，注意有铧脚。

3.3　用于难以耕作的土壤的犁

在罗马时代，当地中海人的生活与阿尔卑斯山外的欧洲第一次密切接触时，犁的设计开始被修改，以适用于更难以耕作、更有黏着力的土壤。这种土壤不能像沙性土那样很容易地翻到边上，为了得到适当的耕作深度，犁必须既能切开又能翻过生草土。在地中海人的耕作中，这本身并不是一个新的概念，他们的犁时常用来为犁垄培土以盖住种子，但在黏性土质上耕作就完全不同。水平耕作土壤的犁铧已经使用了将近1000年之久，尽管直到罗马时代，犁上才出现前小犁或

竖直的犁刀。然而，即便是这些安装有竖直犁刀和水平犁铧的犁，仍然不能耕翻生草土。

切开生草土翻到一边，然后经过犁、耙、用木棍拍打或者风化晾干，使土壤松散，这在当时被认为是足够了。一种主要在罗马北部地区用来翻开生草土的犁，是从简单的地中海犁发展过来的。罗马人的犁带有伸出的木条或从犁铧向外张开的土翻，仅仅是用来将土翻到一边（图 49）。这些土翻当时被制成一个伸出的板翼，生草土由金属犁铧上的翼耳来引导，松散土块被翻向这一边或另一边[1]。随着犁的移动，保持犁向一侧倾斜，使土块有一定程度的翻转。在犁的底脚上加上了一条龙骨，以利于犁的倾斜（图 50）。

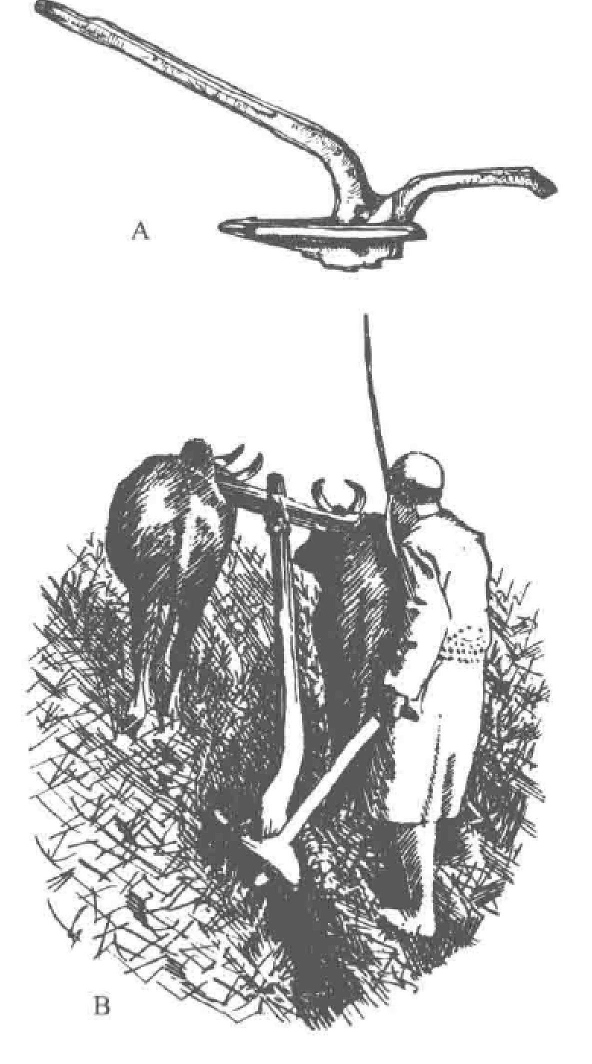


图 50 （A）来自萨赛克斯的罗马—不列颠犁模型。其上有龙骨，注意犁的承口形式。（B）喜马拉雅山脉的现代耕种，带龙骨的犁在倾斜耕作。

在罗马时期的遗址上发现的许多大的铁质犁刀是非对称的，刃通过只捶打一侧锻造而成。后来的磨损表明，它们只用来切开犁一侧的生草土（一般是右侧）。铁质犁铧不是很宽，或是用来作为宽大木制犁铧的保护尖头，或是用来将犁垄整理成斜的。这样，这些即使以现代标准看也相当大的犁垄，都可以一次开垦出来。重的铁制犁刀楔在板条里，犁梁必须非常粗壮，能够承受相当大

1　可将泥土抛向任何一边的犁，很容易被人误称为“单向”犁。因为犁夫可以向前和向后行走，不管他向哪个方向，总是将泥土翻到垄的一侧，由于非常对称，罗马时代的这种犁显然用来“单向”耕作。

的应力，即使应力会被板条减弱。犁刀和犁铧安装在一个长方形框上，与地中海人用的不同。它具有一个近乎水平的犁梁和犁铧，一根支柱和犁铧后面的支撑条连接在一起，这种框形在许多中世纪的犁中可以见到。这样的铁器如此沉重，说明在罗马时代存在某些同样粗壮强大的农具。在丹麦策默比附近泥沼地中发现过一节这种形式的犁框，犁梁和支撑条成为一体，像一个自然弯曲的木梁，在朝向地面一侧用卵石填充作为保护（图 47）[1]，它可能是前罗马时期或者罗马铁器时代的产物。

88 策默比犁的悠远历史[2]和罗马作家们的文章，都表明这种形式的重犁是由北方原始人为开垦耕作困难的土壤而开发出来的，而不是源于罗马人的构思。由于有翻土犁板作为草泥土翻板（边码 89），翻转泥土的力来自拉犁者，使得这种犁可以用来耕作更难耕作的土地，单纯倾斜式犁是现代牵引式犁的真正雏形，它在中世纪的过渡形式对于难耕作土壤的大规模耕作起到重要作用，正是这种耕作极大地改变了温带欧洲的面貌。

犁的轮子　犁的轮子已经被赋予了一个不恰当的突出位置，因为普林尼提及它们曾在巴伐利亚使用过。实际上，这仅仅意味罗马人知道了带有轮子的犁。虽然轮子经常被设想成是存在的，但它绝不是重犁的主要特征。例如，罗马时代不列颠的长犁刀仅含有一个主

89 梁，一对轮子只是用来支撑梁的一种方式。梁也可以像更近的时期那样用轭来支撑，或者非常简单地支撑在一个滑行的底脚上，例如一份约 1300 年的法国手稿中所见的那样（图 51）。对照着一串木销孔，梁下方的轮子被安装在不同的位置上，像后期的犁那样可以对耕作深度作出有实用价值的调整。在 11 世纪之前，几乎没有证据显示带有轮子的犁得到了任何广泛的使用，此后它们才开始出现在北欧的手稿

1 在标准的复原中，犁带有轮子，就像斯滕贝尔（Steensberg）坚持的那样，但这是值得怀疑的。

2 根据采自残迹缝隙处的泥炭样品中的花粉分析而得出的结论。然而，此犁被引入沼泽地的时间可能还要晚些。



图 51　有底脚的犁。
拉梁前部有带底脚的木腿支撑，底脚滑行在犁刀和犁铧前未耕作的地面上（参见图 56）。出自法国的一本装饰精美的祷告用诗篇，13 世纪。

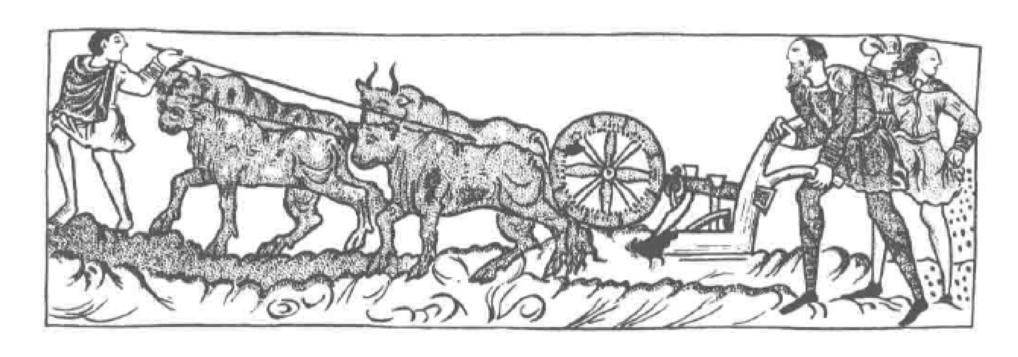


图 52　带轮子的单向犁。
注意犁刀用木楔和皮带固定，可以移至这一侧或那一侧。还有可以拆卸的"耳"，它可以放在犁座的任何一侧。出自一张 10 世纪的月份牌。



图 53　带轮子的犁。注意拉梁和拉杆之间的柔性连接。摘自兰茨佩格的埃拉达（Herrad of Landsperg）的著作《快乐花园》（*Hortus deliciarum*），约 1170 年。

插图上（图 52 —53、图 57)。毫无疑问，带轮子的犁从来没有得到广泛的认可，无轮子的犁（图 54—55）则由于造价低以及对黏质土壤和多石土壤的更广的适应性，一直在被使用着。在许多农场，两种形式的犁都需要。

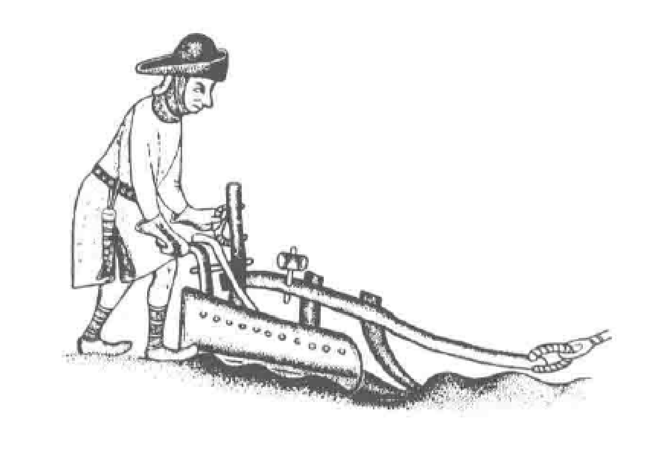


图 54 带板翼的犁。
摘自《勒特雷尔圣诗集》(*Luttrell Psalter*)。图中展示出大型泥土翻板，可以将由犁刀和犁铧耕开后的生草土翻转过来。注意用于调整和紧固楔钉的木槌。约 1338 年。

泥土翻板 这是温带欧洲重犁的一个有特点的部件，用来引导切开的生草土块并将其翻转过来。它不同于土翻，土翻的作用是清理垄沟。泥土翻板在 11 世纪还不被人们所知（图 54—55)，而且也没有任何中世纪资料细致描述它们的制造。在更近的时期，泥土翻板由木质更为光滑的木材制作，例如苹果树、梨木或桃木，比起用粗木质材料（如榆木或栎木）制成的泥土翻板，它们更易使生草土滑过。

90

这种重要翻土部件的应用，可能由于弯曲部分的设计不完善而被推迟了。制犁匠的经验和个人偏好，无疑导致了泥土翻板形状的某



图 55 带泥土翻板的犁。
摘自一本英文版的《圣经》。注意，耕畜中有毛驴。14 世纪初。

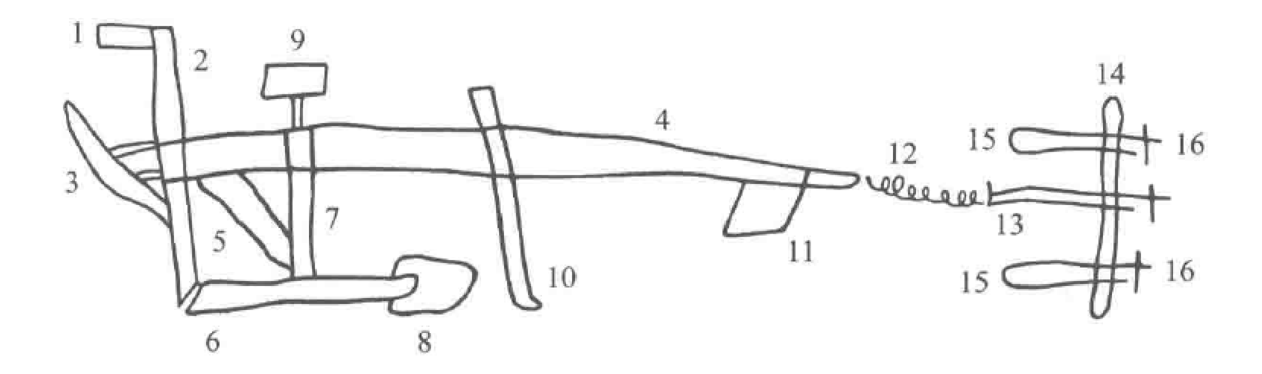


图 56　13 世纪书记员绘制的犁的示意图。
用拉丁文书写的部件名称，现用数字替换：1. 把手；2. 犁尾；3. 操作把手，由两块横档装配在犁尾上；4. 犁梁；5. 耳；6. 铧梁即"犁头"；7. 鞘；8. 犁铧；9. 木槌，即"犁槌"；10. 犁刀；11. 犁脚，一个可以调整的铁件或木件，安装在梁的前部，用来调整犁作的深度；12. 拉绳；13. 拉杆；14. 轭具；15. 牛轭；16. 栓。

些变化，即使在 18 世纪，人们仍然可以见到表面有角度或弯曲的泥土翻板。最佳形状的泥土翻板是由杰斐逊（Thomas Jefferson，1743—1826）设计出来的，他是美国第三任总统。

除了手稿插图的记载外，还有一些记账员绘制的中世纪犁的示意图，上面很实用地对犁的部件加了标记。记账员这样做是为了方便地找出不断出现在账目中的项目，并不是第一手绘制的（图 56）。在中世纪，经常可以见到木槌或犁槌插在犁梁上一个特定的孔中，大概是用来紧固犁的楔钉（图 54、图 55）。

耕畜　在早期的近东和希腊，虽然偶尔也使用驴（第 I 卷，边码 340），但通常还是使用一对牛作为拉犁的耕畜，轭具横跨在牛角或颈上，有时挽绳直接拴在牛角上。只有在农业发展的最早期，人力



图 57　犁地和耙地的场面。
注意方形耙具。取自贝叶挂毯，11 世纪。

拉犁才是必要的。罗马社会一般也用一对套在杆上的牛做耕畜，在罗马帝国的某些地方，重犁的发展要求使用四头耕畜，北部原始人中可能还使用过更多头牲畜拉犁。在丹麦，铁器时代的简单的犁上有一个犁轭，耕畜拉犁的挽绳拴在上面，这比起套在犁杆上给了耕畜更大的自由度（图 46）。虽然凯尔特人相当多地使用挽绳和犁轭技术，并同时使用犁杆和轭具，但在中世纪前并没有这些技术被广泛使用的明显证据。

3.4 翻耕的方法

公元后第一个千年末，四头耕牛拉犁在温带欧洲相当普遍，而且在整个中世纪都一直如此，虽然使用更少耕牛的犁也在继续使用着。耕牛可并排或前后套上轭，有时也 4 头并列套在一个长轭上。在 1086 年的《末日审判书》中，一般以 8 头耕牛为一组牲畜作为课税单位，但似乎不存在一个犁一次套上 8 头耕牛的情况（虽然偶尔有这种情形），而且也从未在绘图中看到多于四头牲畜的情形。提出来的解释是它们分两组耕作，早上和晚上各一组，或者每天交替一次，其余时间用来放牧，也可能是需要一组牲畜来拖耙耕作后不满意的土地（图 57）。

在中世纪的翻耕中，马偶尔同牛一起使用（图 55）。12 世纪后（边码 554），马蹄铁渐渐得到广泛使用，马的耕作变得更有成效。不过，由于牛的饲料和挽具更经济，而且不需要钉掌，当时的人们还是偏爱使用耕牛。直到 16 世纪，由于考虑到马的速度更快，人们才大规模选择马来犁地。

来源于古代和中世纪的资料中，通常都把犁地描述成两人一起耕作，一位犁夫扶犁，一位驭手负责驾驭牲畜。有时也显示出仅有一个人，虽然同时扶犁和使用赶牛棒一定很困难（图 45、图 58）。在后罗马时期，驭手——特别是驾驭 4 头并排套在一个长轭上的耕牛的驭

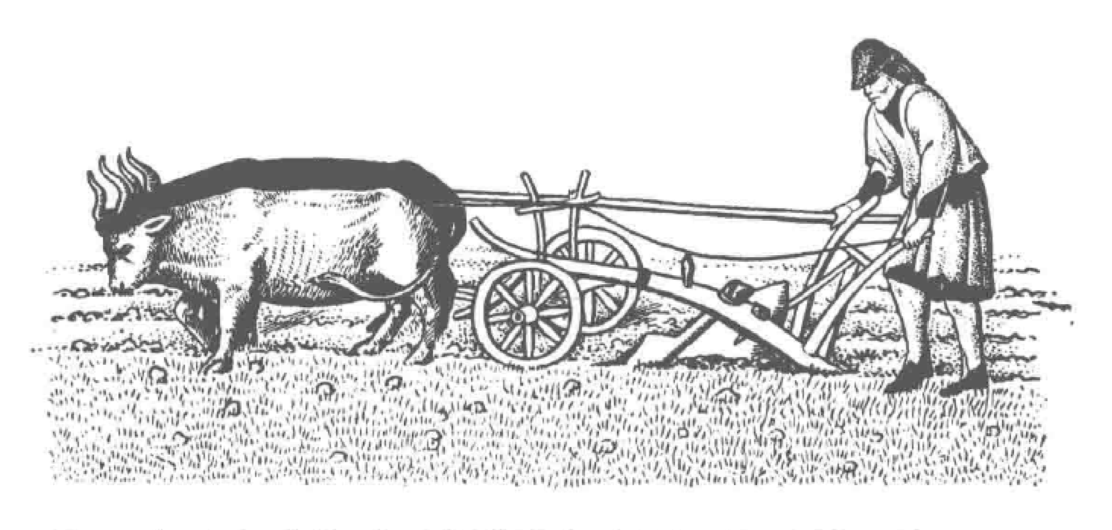


图 58 佛兰德地区的犁显示有操纵缰绳的犁上部结构，实际更适宜于马拉。
摘自贝里公爵（Duc de Berry）的《祈祷书》（*Book of Hours*），15 世纪。

手——在耕牛前方倒着行走，这是一名“吆喝者”，就像他的威尔士语名称（*hywell*）所表示的那样。他可以自己用手拖拉轭具，帮助耕畜前行。但是，他通常是走在前面，使用一个赶牛棒，这也是这种器具名称的起源（图 52、图 503）。

翻耕及土地形状 耕地的形状取决于犁、耕畜、土壤、土地的外形，最主要的是取决于犁夫作垄的意图。交叉式翻耕使田地很自然地倾向于成为方形，这种形状一般是同小的单犁和小的耕畜相联系的。有证据显示，铁器时代的丹麦和荷兰存在交叉式翻耕（图版 2B），这种翻耕方式可能在那以后仍被使用，在晚期青铜时代的不列颠也存在着。开垦难以耕作的黏质土壤，需要更大的犁和更多的耕畜，而且转弯时更笨重费力，这就使得翻耕多在细长条土地上进行。由于在难耕作土壤上既不够必要也没有效率，交叉式翻耕被废弃了，田地就接近于狭长形状。

然而，细长式翻耕本身并不意味着有垄埂或垄沟。耕田是否呈现垄埂和垄沟，取决于犁的类型和犁夫如何整理他的田地。能够将土块翻到任何一侧的犁（“单向”犁，边码 86），即使以细长形方式耕地，也能使田地多少年后仍然相当平整。这种犁最适合用于坡地，它的使用使不列颠的许多山坡呈现很有特色的梯田。

93

罗马时代后期，英格兰的某些地方虽然以细长形方式犁地，但是并未产生有特征的垄埂和垄沟。在英格兰中部地区黏质土地上，带垄埂和垄沟的田地是由翼犁或轮犁耕作出来的，耕作时从中心开始向外直至整块田地。然而，只有年复一年的重复耕作，像在空旷田地上多次耕作那样，才能呈现垄埂和垄沟的形式。这种形式有助于非渗透性土壤田地的排水，有时也因为这一原因而被采用。这样，虽然垄埂和垄沟的出现可能暗示着曾经有可耕作的空旷田地，但是，没有垄埂和垄沟却不能表明不存在空旷田地。

在不列颠，犁的历史一直被用作评估一个国家和民族发展程度的主要指标。然而，过分的简化和不恰当的前提条件，常常导致错误的理解，许多这样的事情在通常的历史中一直在继续着，这主要应该归罪于人们竟会对《末日审判书》中将 8 头耕牛作为一组畜力不加鉴别地予以接受。因此，撒克逊不列颠犁的历史就被虚构为从有轮子的重犁演化而来，它们可能是由最早的后罗马时期入侵者从德国家乡带来的。但是，没有这样的事发生，因为不存在这样的犁。最早的撒克逊人被说成是第一次将难以耕作的黏重土地开垦成耕田，改变了土地的面貌。然而，尽管这些土地的大量耕作确实始于末日审判时期（1086 年），但这一过程直到大约 1300 年才得以完全展开。几乎不存在有关第一批撒克逊定居者的农业方法和实践的任何证据[1]，不能总是认为罗马后期社会和撒克逊早期社会之间的农村生活真正中断过。据考古材料揭示，开发难耕作黏重土地始于罗马时期，罗马后期的衰退可能使这一进程受到某些延缓，或者是由于撒克逊入侵者从当地的罗马—不列颠人手中夺取土地，也许还与他们混在了一起。可耕作土地的大力开发，更可能发生于撒克逊时代后期（8—11 世纪）。

1　从英格兰伯克郡萨顿科特尼仍在发掘的仅有的撒克逊异教徒村落遗址中，没有发现任何手推磨可说明谷物的使用。临近的零星撒克逊小屋中也没有任何发现。与其相对比的是，在西方的凯尔特人这一时期的定居点和小屋中，最近发现了手动形式的磨盘。

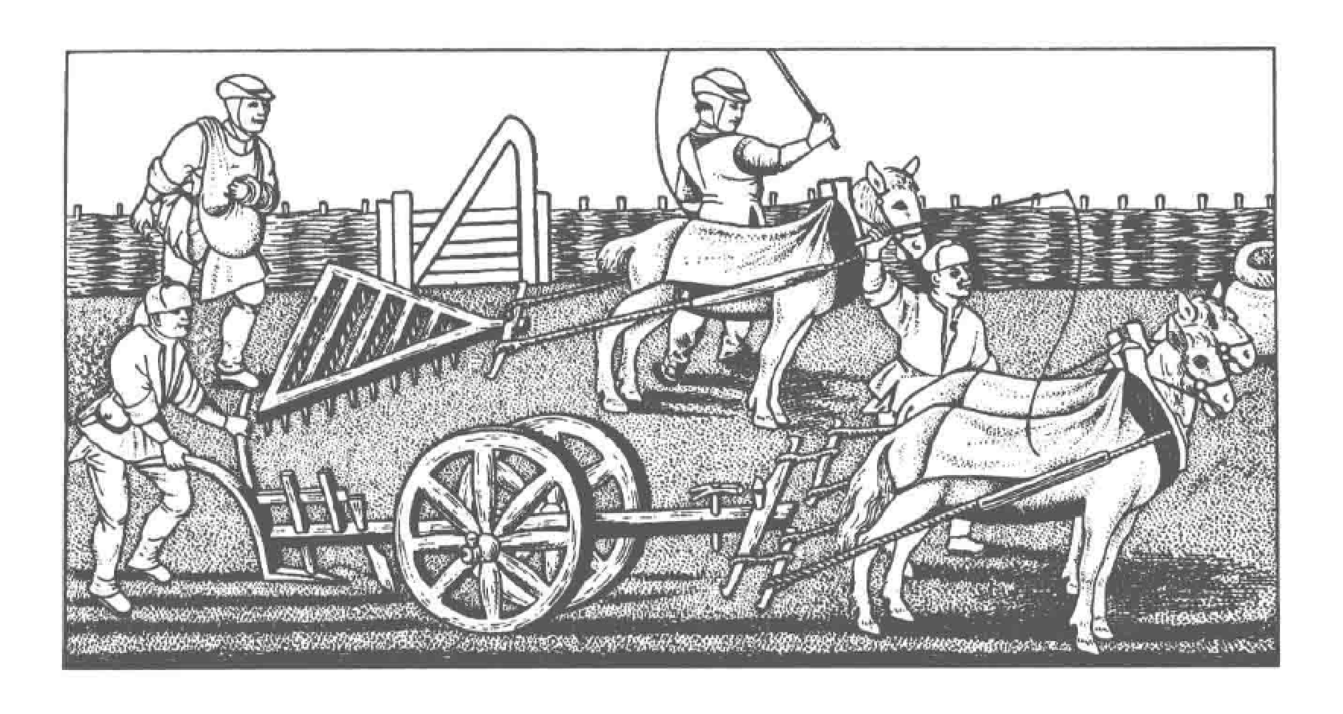


图 59　马拉犁和三角形耙。
取自维吉尔（Virgil）的《农事诗集》(*Georgics*)，1473 年写于佛兰德。

3.5　耙掘和耙地

94

耙在罗马社会就得到使用，主要用途是扯开杂草。在中世纪，或许同样在罗马时期，人们用耙来覆盖种子，这比用犁要快一些。带有尖铁钉的栎木制柱形滚耙，在中世纪也被用来对付坚硬的土地和平整打谷场。然而，只是在 16 世纪以后，才开始流行用它来碾压播种后的土地，使其更近于平坦，便于刈取和收割。

用比牛拉要快的马拉对耙有特殊的用处，因为在必须有效地打碎土块或盖种时必须快拉。在中世纪的图画中，耙通常由一匹或两匹马拉着，有时跟在犁后面（图 57、图 59），进一步耙碎土壤。这是一种拖在土地上带齿的方形木耙，源于一种荆刺树杈制作的框架，在 17 世纪论及耕种的专题论文中仍然可以见到它。更容易操作的三角框形耙（图 59），13 世纪时在法国北部就已经普遍存在，但是直到 16 世纪才在其他地区广泛使用。在中世纪也使用木制齿耙（图 65），用来从事诸如盖种和整理小块土地之类的操作。

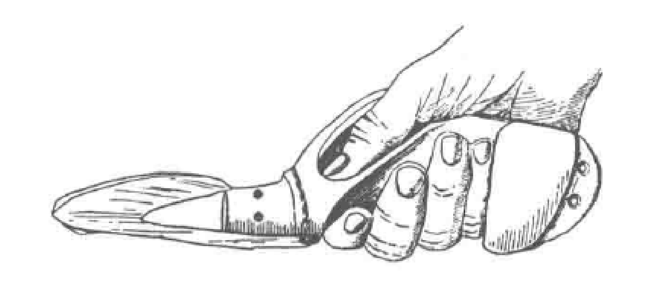


图 60 镰刀把手。
其形状被精心设计成与收割者的手形般配。出自瑞士摩利根，晚期青铜时代。

3.6 收割用具

很久以前，人们用带有青铜或火燧石做刀刃的小镰刀收割庄稼（第 I 卷，图 329、图 356），有些火燧石镰刀带有齿形刀刃。用这种工具收割庄稼，既费时又费力。随着谷物产量的上升，迅

95

速完成收割变得很重要，尤其是在天气状况变化频繁的中欧和西北欧。长时间持续使用这种简单的镰刀，需要有一个适合手握住的特殊形状的把手，这提升了镰刀的造价（图 60）。

铁的普遍使用带来了收割谷草工具的重大变革。平衡式镰刀的刀身在把手那端向回弯曲，然后向前形成大弯，这样就会在收割谷物时使手腕不会过度劳累。这种镰刀在欧洲最初出现在阿尔卑斯山脉北部的瑞士和匈牙利平原，时间大约是公元前 4 世纪起的铁器时代，它的起源则可能要追溯到古代的近东。类似地，用两只手操作的带短把手的长柄大镰刀，可以用削而不是割的操作方式来收割青草（图 61），这个样式一直流传到近代，片形割刀以及砍刀越来越被广泛使用。由于对牲畜饲料的需求，北方地区对草和叶子收割的兴趣上升。耕牛在冬季越来越多地被关进畜舍，这样就要求提供更多的饲料。虽然南方也有室内喂养，但那样做大概是为了获取肥料。加图（公元前 2 世纪）说，在春季耕种时应该给役牛提供草料，但在冬季只能放牧[4]。



图 61 带短把手的长柄大镰刀。
来自《乌得勒支诗篇》（*Utrecht Psalter*），9 世纪末。

单手操作的用于割的小镰刀和双手操作的用于削的长柄

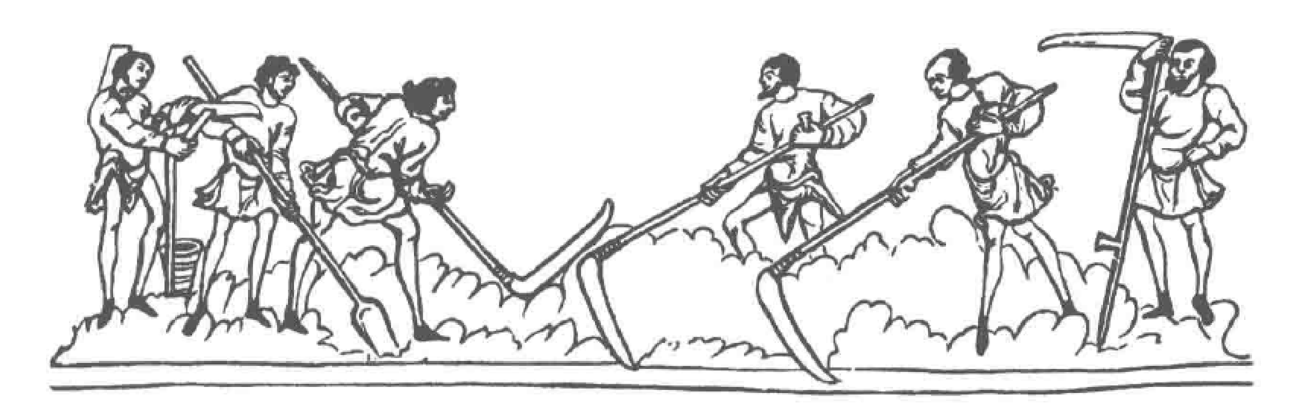


图 62　11 世纪的长柄大镰刀，收割者正在磨其中一把。
这个场面大概来自 9 世纪由兰斯书院所作的拜占庭形式的著作《乌得勒支诗篇》中的一个类似图画；图中将老式光柄长镰刀样式改变成新的带短把手的样式。

大镰刀，通常都有着精心制作的曲线形刀身，它们在整个罗马地区广为传播。把长满灌木、树木和草丛的草地改变成天然牧场的趋势，促进了挥动式长片形刀身的发展。大约在 12 世纪，在罗马帝国时期已经发展起来的长把大镰刀，开始在长杆上安装很有特色的短把手（图 61—62）。这种样式现在仍然到处可见，就像罗马时代的平衡式镰刀实际上就和现代的样式一样。到了 15 世纪后期，在欧洲农业最发达的地区佛兰德，长柄大镰刀在接近手杆底部处装上了一个半圆形柳条框，用来将收割下的谷秆收集在一起（图 63）。16 世纪以来，人们在谷物收割中用长柄大镰刀取代了小镰刀。但是，由于某些因素的阻碍，这种更有效的收割工具在中世纪未被广泛接受，例如把残茬作为共同财产的法律规定等。



图 63　用于收集秆梗的大镰，长杆底部带有半圆框。出自一幅模仿勃鲁盖尔（Pieter Brueghel）作品《夏天》的版画，约 1566 年。

96

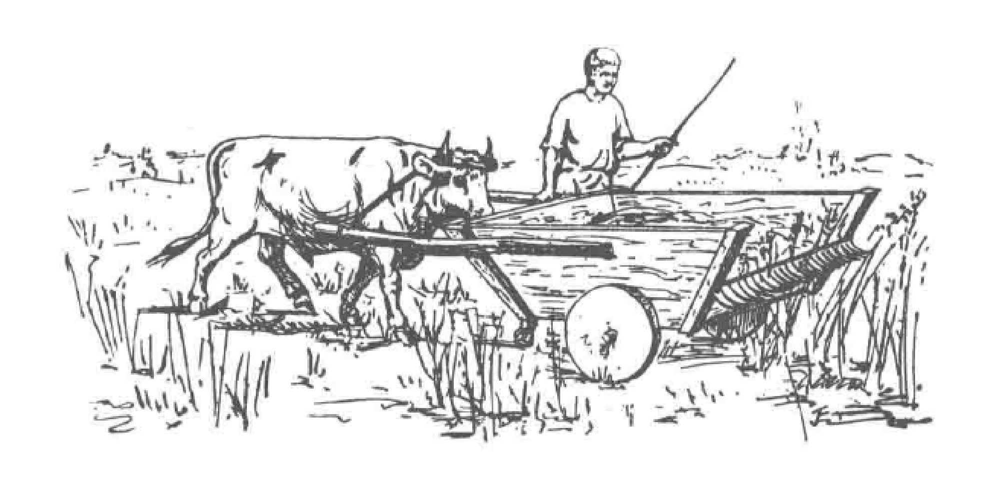


图 64　普林尼和帕拉第乌斯（Palladius）所描述的收割机的复原图。

罗马地区使用了几种不同的收割谷物技术。谷秆可以从近根处割下，然后割下谷穗并收集起来，也可以用一只手抓住谷穗，从中部割下谷秆。同样，谷穗也可以用某种形式的组合刀刃从直立谷物靠近顶部的某处割下来。普林尼和其他作者详细描述了使用后一种方法并以老式收割梳机为原型的不同寻常的收割机[5]，它提供了一个罗马细耕农业的示意图（图 64）。虽然带有锯齿形刀刃的镰刀直到最近还在使用，收割梳机（harvesting-comb）的原理却在罗马时期以后就被弃用了。在中世纪，谷穗通常在靠近顶部处割下来（图 65）。但是，如果谷物要以一捆一捆的形式来脱粒的话，则必须在谷秆很下面的地方割下谷穗（章末补白图）。

97

确实需要的时候，镰刀可以使用磨石在田地现场打磨，通常使用细砂石或云母页岩石。在罗马时期和中世纪时期，这样的磨石在整个北欧广泛交易。有一些证据表明在田地现场使用了可携带的锤和铁砧，目前一些地方仍然在使用。

3.7　脱谷和簸谷

谷粒需要从收割后的谷捆中脱出，还要簸出谷壳。中世纪的图片显示，谷捆是用两边连在一起的连枷拍打的（第 I 卷，图 39）。连枷（图 65）可能在罗马时代后期使用，因为圣哲罗姆（St Jerome，4 世纪）

似乎提到过这种工具[6]。它可能起源于高卢。但是，当时大部分脱粒是由牛——后来是马——的踩踏来完成的，或者是用分谷机(*tribulum*)——一种钉嵌有燧石的木板——由牲畜在脱谷场上拖拉(图 70)。

早期的脱谷使用没有接缝的木棍，这种办法在许多地方长期存在。在温带欧洲，露天脱谷必须在秋末前完成，斯特拉博(Strabo，卒于约 21 年)提到过在不列颠有遮蔽处所的脱谷。13 世纪以来，在深冬也可以在大谷仓中脱谷，一般是在寺院内进行。中世纪期间的某些大谷仓，至今仍然保存着(见章末补白图)。

谷壳用簸箕从谷粒中簸掉，簸箕(拉丁文是 *vannus*)原本是一个形状特殊的容器，通常是一个篮子(图 65)，它被气流搅动以除去谷壳。只是到了后来，这个词才用来指能够产生气流的风车。塞维(Servius，4 世纪)定义 *vannus* 为一个脱谷场的筛子，认为它相当于希腊语 *liknon*，即柳条篮子的意思[7]。人们推测，气流一般是由人工拍打产生的。但是在农民群体中，簸谷也可能是在一个有风的山坡上进行，例如爱尔兰人直到近代还这样做。转动式簸谷机是后来才引进到西方世界的(16—17 世纪)，但据说中国很早就已经知道这种机械(边码 770)。

98



图 65　长柄叉子，耙子和连枷，簸箕。出自一本有插图的《圣经》，约 1250 年。

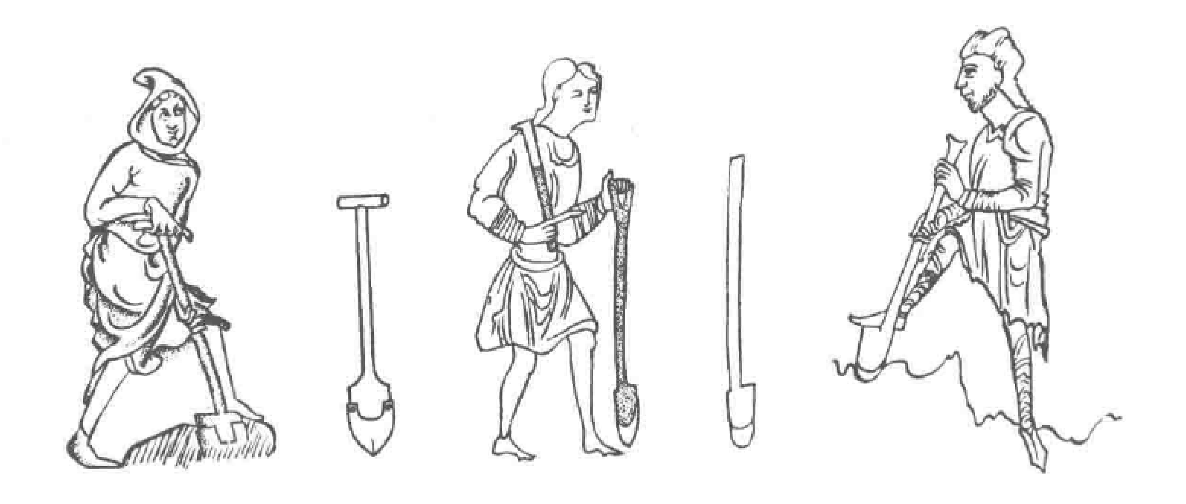


图 66 锹（从右到左）：单刃面锹，出自一本盎格鲁–撒克逊圣经诗篇的手稿，约 1000 年。带柄的单刃面锹，肩上扛的工具可能是锄，出自埃尔弗里克（Ælfric）对《摩西五经》(*Pentateuch*) 的盎格鲁–撒克逊译本，1050 年前。双刃面锹，配有多种铁刃，出自 15 世纪手稿插图。一种不同类型的锹，请参见边码 694（章末补白图）。

3.8 掘地工具

人们最早整理土地时，使用铲木、锄以及像鹤嘴锄那样有石制刀刃的工具。有时，牛的肩胛骨也被当作锹来使用（第 I 卷，图 372），与实实在在的挖土相比，它更适合于传送泥土。

从罗马时期起，通常裹上铁皮的木锹（第 I 卷，图 376）就已被广泛使用。罗马帝国的铁匠铺到处都有结实的鹤嘴锄和镐，但它们更多的是土木工匠而非农夫的工具。在中世纪的图画中，既可见到单面刃口的锹，也可以见到双面刃口的锹。锹柄带有横把，或者直接安装在锹柄端头上，或者安装在叉形端上（图 66）。从罗马帝国时期起，人们普遍使用具有两个铁制尖头的叉或镐掘土和刨土（图 67），轻巧的叉子则被用来搬运草捆和谷捆（图 65）。

99

3.9 其他

围栏 不管是用于种植谷物、牧草、橄榄还是葡萄，所有耕地都必须保护起来，防止动物的侵入。在传统的农村牧民式生活中，羊群晚上被关进用竖起的大石头或木桩围起的围栏中[8]。早在中世纪

及其以前，带有堤坝的水渠是常用的保护手段。在铁器时代和罗马时期，可能也包括稍后的时期，常在壕沟边用圆木栅栏围起来作为保护措施（第Ⅰ卷，图197）。在中世纪，人们用树篱、木栅栏和更常用的柳条来作为围栏（图59）。所有这些围栏都是固定的，但有时也需要临时的围栏，篱笆制作由此成为一个相当可观的产业。疏篱更多地用在山地牧场的羊栏上，似乎通常用一些柳条缠绕在框架上制成，就像今天这样。



图67　使用叉形头的镐或锄。出自君士坦丁堡皇宫的镶嵌拼图，15世纪初。

谷物烘干窑　对于潮湿或未完全成熟的谷物，在脱谷或碾磨前有必要进行人工干燥。从铁器时代开始，人们就已经习惯谷穗脱粒前的烘干。在潮湿的欧洲西北边缘地带，这一做法的出现就更早了，而且烘干窑在此这期间几乎没有什么改变。长方形或圆形的烘干室用石头或黏土垒筑，谷穗或谷捆堆放在烘干室内的一个棚架子上。有一条烟道通进烘干室，烟道口处点燃一堆火，用石头之类的阻碍物防止火燃烧到谷物，干燥通过热烟气来完成。簸过的谷粒也可以在碾磨前用较小的黏土炉烘干，这可能源于另一种不用簸脱壳而是烧掉外皮的老式传统方法[1]。

100

斧子　从铁器时代开始，这种带有简单的铁头的斧子就用于诸如伐树之类的作业，在中世纪羊毛剪至少还用于屠宰牲畜。较复杂的各种斧头可能是木匠的工具。简单的羊毛剪式样一成不变，在铁器时代就已经用来修剪羊毛（图154）。在6世纪或7世纪，剪刀被引入到了欧洲，但似乎没有影响到使用羊毛剪修剪羊毛，而且至今它们仍然这

1　甚至在罗马时代早期的意大利，二粒小麦穗也在炉上烘烤，如在用来祭祀天炉女神的“炉节”（*Fornacalia*）筵席上。



图 68　播种的场面。
来自《勒特雷尔圣诗集》，约 1338 年。

样使用着。

木制容器　在农村，木制容器使用得相当广泛。在温带欧洲，用桶板制作的提桶从铁器时代起就开始用于挤奶，精致的奶桶则用于制取奶油或存储羊奶。陶瓷或金属容器以及精制木碗，通常用于烹调和存放食物。中世纪的播种者把种子放在锅或碗里，或者放在卷起的围裙里。有时候，他也会带上一个细心制作的种子篮或种子套——一种木档柳条盒（图 68），虽然种子篮的意思是指用盘起的稻草制作的容器。

当时的梯子就像今天这样，横档连接在两根长杆上，在罗马的葡萄园中和整个中世纪里都在使用。

有一幅 14 世纪的插图，画的是牧羊人用的可以移动的带坚固轮子的板棚，据推测是野外接生小羊时使用的。

相关文献

[1] 一种关于农业起源和传播的很不同的看法由下文提出：C. O. Sauer 'Agricultural Origins and Dispersals.' Bowman Memorial Lecture no. 2. American Geographical Society, New York. 1952.

[2] Hesiod *Opera et dies*, 429–30, 435–36. (Loeb ed. 'Homeric Hymns', p. 34, 1914.) Theophrastus *Hist. plant.*, V, iv, 3. (Loeb ed. 'Enquiry into Plants', Vol. 1, p. 441, 1916.)

[3] Cato *De agri cultura*, cxxxv. (Loeb ed., p. 116, 1934.) Pliny *Nat. hist.*, XVIII, xlviii, 171–4. (Loeb ed. Vol. 5, pp. 296 ff., 1950.)

[4] Cato *De agri cultura*, liv. (Loeb ed., pp. 68 ff., 1934.)Palladius *De re rustica*, VII, ii, 2.

[5] Pliny *Nat. hist.*, XVIII, lxxii, 296. (Loeb ed. Vol. 5, p. 374, 1950.)

[6] Saint Jerome *Comm. in Isa.*, IX, 28. (*Pat. lat.*, Vol. 24, col. 326.)

[7] Servius Comm. *Virg. Georg.*, I, 166.

[8] Homer Odyssey, IX, 216 ff. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 316 ff., 1919.)

101

参考书目

Bishop, C. W. "Origin and Early Diffusion of the Traction-plough." *Antiquity*, **10**, 261–81, 1936.

Childe, V. Gordon. "The Balanced Sickle", in 'Aspects of Archaeology in Britain and beyond. Essays present to O. G. S. Crawford', ed. by W. F. Grimes, pp. 39–48. Edwards, London. 1951.

Clark, J. G. D. 'Prehistoric Europe', pp. 100–7. Methuen, London. 1952.

Colvin, H. M. "A Medieval Drawing of a Plough." *Antiquity*, **27**, 165–7, 1953.

Corder, P. "Roman Spad." Irons from Verulamium." *Archaeol* J., **100**, 224–31, 1943.

Curwen, E. C. 'Plough and Pasture. Past and Present.' Studies in the History of Civilisation no. 4. Cobbett Press, London. 1946. Curwen, E. C. and Hatt, G. 'Plough and Pasture.' Schumann, New York. 1953.

Duignan, M. V. "Irish Agriculture in Early Historic Times." *J. R. Soc. Antiq. Ireland*, **74**, 124–45, 1944.

Glob, P. V. "Ploughs of the Døstrup type found in Denmark." *Acta Archaeologica*, **16**, 93–111, 1945.

Idem. 'Ard and Plough in Prehistoric Scandinavia.' Aarhus Uniersity Press, 1951.

Gow, A. S. F. "The Ancient Plough." *J. Hell. Stud.*, **34**, 249–75, 1914.

Harrison, Jane E. "Mystica Vannus Iaechi.(The Winnowing Fan)." *Ibid*, **23**, 292–324, 1903; **24**, 241–54, 1904.

Massingham, H. J. 'Country Relics', with drawings by T. Hennell. University Press, Cambridge. 1939.

Nightingale, M. "Ploughing and Fiel." shape." *Antiquity*, **27**, 20–26, 1953.

Parain, C. "The Evolution of Agricultural Technique" in 'Cambridge Economic History', Vol. 1, chap. 3, pp. 119–68. University Press, Cambridge. 1941.

Payne, F. G. "The Plough in Ancient Britain." *Archaeol. J.*, **104**, 82–111, 1947.

Richardson, H. G. "The Medieval Ploug." team." *History*, **26**, 287–96, 1942.

Scott, Sir (Warwick) Lindsay. "Cor." drying kilns." *Antiquity*, **25**, 196–208, 1951.

Steensberg, A. "Northwest European Ploug." types of Prehistoric times and the Middle Ages." *Acta Archaeologica*, **7**, 244–80, 1936.

Idem, "The Vebbestrup Plough." *Acta Archaeologica*, **16**, 57–82, 1945.

Idem. 'Ancient Harvesting Implements. A Study in Archaeology and Human Geography' (trans. by W. E. Calvert with bibliography). Nationalmuseets Skrifter. Arkæologiskhistorisk Række, no. 1, Copenhagen. 1943.

Idem. 'Farms and Watermills in Denmark through 2000 years.' Nationalmuseet, Tredje Afdeling. Arkæologiske Landsbyundersøgelser, no. 1. Copenhagen. 1952.

102

Stevens, C. E. "Agriculture and Rural Life in the Later Roman Empir." , in 'The Cambridge Economic History' , Vol. 1, chap. ii, pp. 89–117. University Press, Cambridge. 1941.



在谷仓中脱粒。
佛兰芒日历中表示 8 月的图案，15 世纪。

第 2 编

制造业



第4章 食物和饮料

R. J. 福布斯(R. J. FORBES)

4.1 面粉和面包的生产

在古希腊和古罗马，民众的日常食物种类很少，也就是面包和小麦或大麦粥，辅之以蔬菜、鱼和香料。与今天相比，谷物作为食物在当时对人类来说更为重要，毕竟现在我们把生产的大多数谷物都用作饲料了。小麦和大麦是古代近东农民的主要农作物，主要通过地中海盆地[1]，最终传到了西欧。在欧洲更为寒冷的地区，气候因素对选择谷物非常重要(第Ⅰ卷，第14章)。传统的灌溉方法仍然很重要，因为近东的农民不愿采用精耕系统。

运输成本是决定意大利北部大城市食物的十分重要的因素。据估计，价值较低的大宗物品——例如小麦——每运输100英里，价格就会翻一番[2]。因此，为罗马城和军队大规模生产小麦不切实际。既然将牛和猪赶往集市比在意大利的道路上拖运谷物更容易且经济，农民们便将注意力从小麦转向诸如大麦等粗饲料上。

从海上进口西西里、埃及和北非小麦的价格较为低廉，进一步促进了这种贸易方式，这也可以解释罗马的奥斯蒂亚港口饱受暴风雨影

1 普遍使用的拉丁单词 *triticum*（磨过的东西）通常指小麦，其中又有两种不同的主要类型：更严格意义上的 *triticum*（通心面小麦和铆钉状小麦）和 *silgo*（可能指棍状小麦和面包用小麦）(第Ⅰ卷，边码363—367)。前一种类型在古代整个地中海地区占绝大多数[1]。

响却还在使用的原因（图 458）。罗马始终存在的饥馑威胁，也抑制了更好的深海港口普泰奥利的使用，因为到那里还必须有 150 英里的陆路运输。从这点看，尼禄（Nero）修建连接奥斯蒂亚和普泰奥利之间可行驶驳船的运河的计划，在经济上还是合理的。

104 在罗马时代，面粉的质量比通常估计的还要低劣得多，这与小麦在相当粗糙的磨筛之前没有彻底清理有关。现代白面粉的出粉率为 70%—75%，古代的面粉却仅仅是未经筛理过的谷物粗面粉，即使在筛理过的大部分面粉中，80% 的出粉率也很普遍[3]。

今天，磨麦之前要经过几个清理阶段，随后还要进行“润麦”或“水分调节”。在后一过程中，通过调节加入小麦的水量，确保在磨麦的第一阶段能最大限度地从麦粒上去除表皮。在普林尼时代的巴比伦王国、巴勒斯坦和埃及，磨麦之前加水润麦的做法是很普遍的[1]，但在罗马并非如此。据记载，在古典时期的埃及，为王室和贵族生产的小麦首先要经过清理，在小亚细亚的一些城市里，已经采用包括初步清理在内的更为精细的碾磨程序，不过面粉通常还是被简单地磨出，结果色泽低劣且含有许多杂质。

磨坊主的大多数器具设备——篮子、手工筛和量具——设计很古老，只有磨得到了改进。与手工磨相比，罗马的磨坊主所用的畜力磨（图 78）需要更强的驱动力且效率更低。事实上，这种低效率在一定程度上解释了为什么人力会如此大量地用于碾磨面粉。

据计算，假定用一台由两头驴拉的磨来磨面粉，则还需要一个人驱赶牲畜并将磨过的面粉过筛，每磨 1 蒲式耳面粉总共约需 0.5 马力小时的能量。在现代工厂中，每磨 1 蒲式耳面粉总计需 1.5—2 马力小时的能量，其中，60% 的能量用于清理，只有 40% 的能量用于磨面。但是，一对牲畜绕一个小圈子运动，每天提供的能量不会超过

1 显然，这种区别同所有的不同类型的小麦有关。后来的裸小麦仅需要碾磨和筛分，但以前的有表皮的谷类，如二粒小麦和斯佩尔特小麦，在碾磨之前需要通过一定的清理、润麦与捣碎程序来去除表皮。

2.5 马力小时，加上辅助人员提供的能量，每天最多可以磨筛 7 蒲式耳面粉。按照每天每人 20 磅小麦（工资和口粮）和每头驴 10 磅小麦，加上驴主还要通过放牧饲养，可以计算出磨筛 7 蒲式耳面粉的成本约为 40 磅小麦，或者说约占面粉价格的 10%[4]。

与此同时，筛子几乎没有得到多少改进。“高卢发明了马鬃筛，西班牙使用亚麻做的筛子和谷物筛，埃及则用纸莎草和灯心草做筛子。”普林尼这样说[5]。这些筛子大多非常粗糙。用来从面粉中分离糠的筛子，也用于分离二粒小麦这种大颗粒的粗面粉。按我们的标准看，甚至用于分离一级面粉的亚麻筛也肯定是粗糙的，因为它也用于将白垩从二粒小麦中分离出来[6]。

面包一直是主要的食物，希腊语 *artos* 的意思通常是指面包和食物，这从《圣经》的钦定英译本中可以见到。与史前欧洲的其他地方一样，青铜时代的希腊人还在吃粗糙的未经发酵的面包，样子像是扁扁的蛋糕（第 I 卷，边码 271—275）。轻度发酵的面包从东方传来，它在希腊的梭伦（Solon）时代（公元前 6 世纪）仍然是奢侈品[7]。

黍（普林尼说）是专门用于制造酵母的。将它浸入未发酵的酒中并揉捏，可以保存整整一年。将小麦中最好的糠放入未发酵的白葡萄酒中浸 3 天后，经过揉捏并在太阳下晒干，就可以得到类似的酵母……当时，酵母是用面粉自身生产的。在加入盐之前将面粉揉捏，然后煮沸成一种粥状物，并将它放置起来直至变酸。然而，人们一般根本不对它加热，只是使用前一天揉好的生面团。显然，生面团变酸就能很自然地使其发酵。同样很自然的是，以发酵面包为食的人身体更为虚弱，因为古代的强健体魄是与小麦的未发酵程度相对应的[8]。

普林尼还说，高卢人和伊比利亚人用谷物酿造啤酒时，使用“发酵过程中在表面生成的泡沫，因此他们的面包比别人的更松软”[9]。

4.2 早期粉碎技术的进展

面粉、橄榄油、酒和啤酒是古代大量生产的4种食物，在生产中需要一些压榨和粉碎器具。经过脱谷和簸谷从麦穗中取出麦粒，舂烂外皮后磨成面粉。在生产酿啤酒所需的麦芽时，这些操作也是必需的。通过压力榨取橄榄油之前，必须先舂烂或在橄榄磨上碾碎橄榄果。从最早的时代起，人们为获取葡萄汁就已经利用压力榨取器具。

(a) **脱粒**（图69）“当麦穗成熟后，在打谷场上用脱粒锤捶打麦穗，一些地方让母马踩踏脱粒，另一些地方则用木棍脱粒。”[10] 普林尼列举的上述第二种方法，已经被早期的埃及艺术家细致地描绘过（第Ⅰ卷，图221）。在巴勒斯坦，结束整日田间劳作后，路得（Ruth）“捶打了所拾取的麦穗”（《路得记》，第2章第17节）。

作为一种更复杂的器具，脱粒橇在巴勒斯坦和美索不达米亚被开发出来。它由钉有坚硬物或金属钉的木板或长橇组成，由牛在打谷场上拖动（图70）。有时，它上面还载有石块和一个车夫。在《圣经》

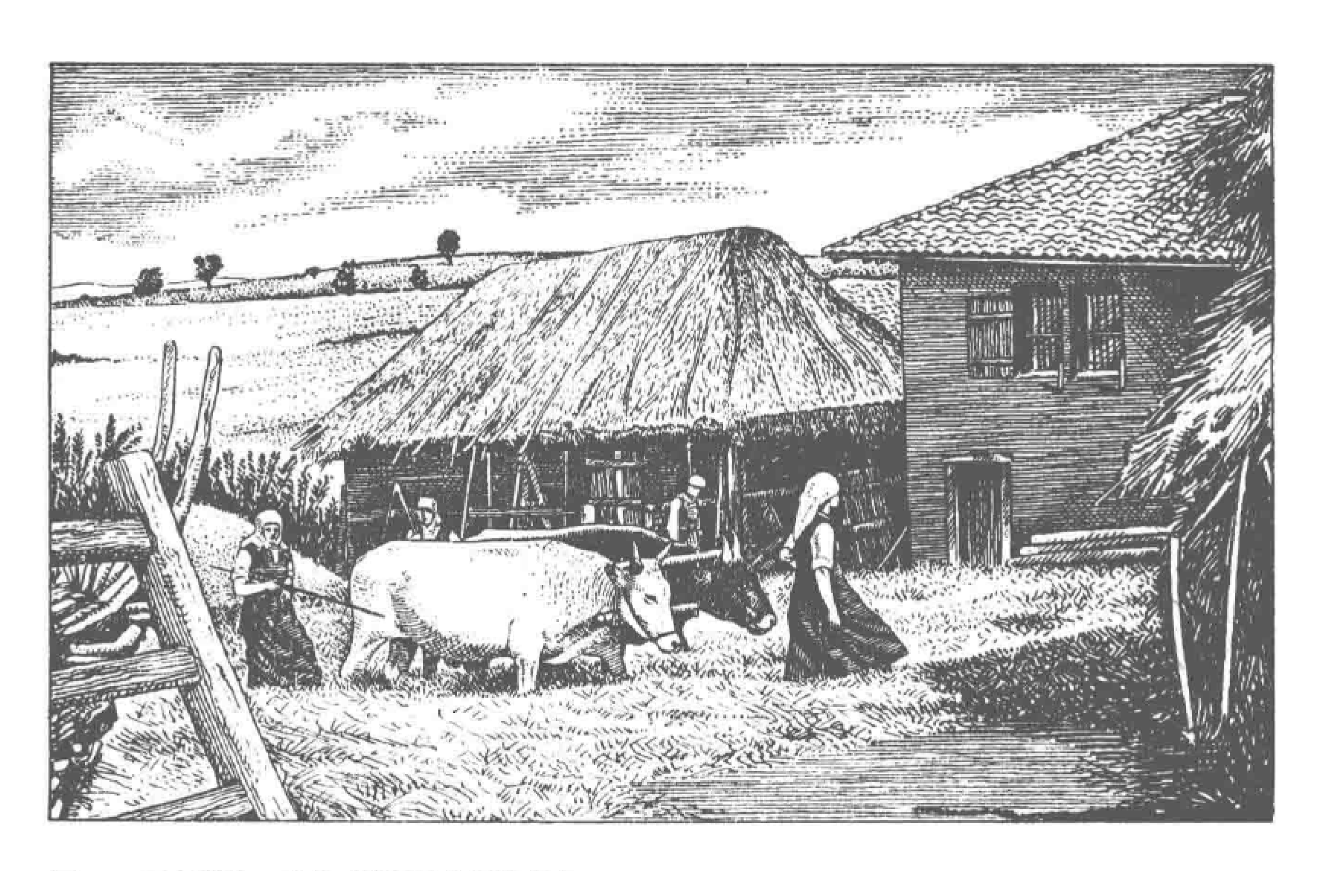


图69　用牛脱粒。索菲亚附近的兹罗库契内。

中，它被影射为彻底毁灭的象征。直到今天，这种器具仍然在地中海地区和亚洲的很多地方使用。

有铰链的连枷最早出现在圣哲罗姆（St Jerome，卒于420年）关于《以塞亚书》（*Isaiah*）的说明中，似乎在4世纪由高卢人发明，并在中世纪逐渐被一般的棍棒所取代（边码97）。

（b）舂 杵和臼从旧石器时代用于粉碎食品原料的器物演变而来，其操作是磨和舂的结合，在新石器时代，这两道工序逐渐分离。以谷物为例，首先通过舂去除外皮，之后将谷粒磨成面粉。虽然人们常将罗马面包师与磨面粉联系起来，但他们最早是使用臼和舂，因此被称为"舂谷者"。诸如鞍状磨和后来的旋磨等磨具，从早期的臼和舂石发展而来。去除谷物外皮的杵一般是木制的，并放置在一个架子上。

107

一种舂食物的简单辅助器械是用绳子将杵可伸缩地悬挂在树枝或弹性木板上[11]，这种方法可能仅在关于用绳子操纵杵的古文献中提到过[12]。把杵垂直缚在一根木杠的一端，它就能像锤子一样工作，这是当今在阿尔卑斯山和远东舂大米和捣碎矿石时众所周知的用法[13]。此外，如同在加利西亚、波兰、中国和日本（图71）一样，人们可以用手或脚使木杠绕轴转动，随后又恢复平衡地工作。在一些多

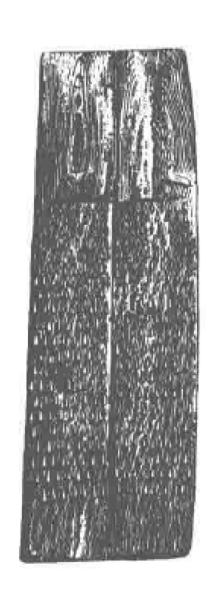


图70 塞浦路斯钉有坚硬物的脱粒橇的下侧。长约2—5米。

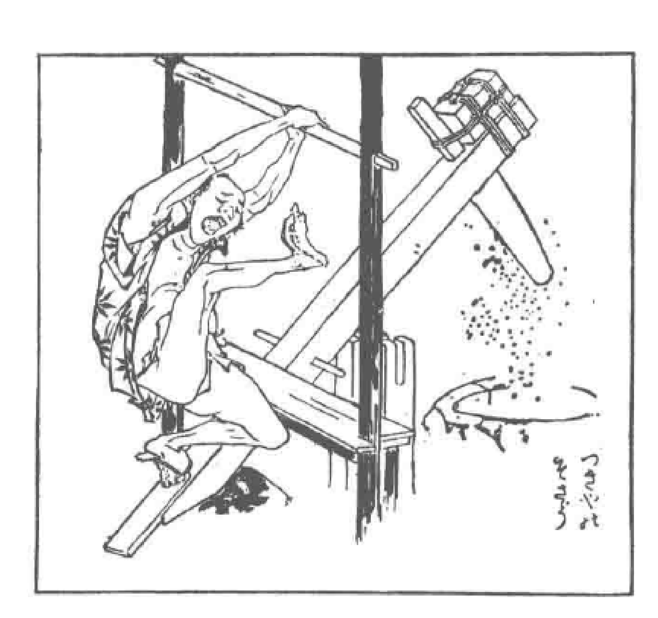


图71 日本人在舂谷物。
出自葛饰北斋（Hokusai）的一张画作，19世纪。

山的国家，在木杠的另一端有一个代替平衡锤的重物，它有一只斗，注满水后就能将杵提升起来，同时重物倾斜，液体溢出，杵又落下，斗中又重新注满水。这种简单的原动力可能正是装有水轮的捣矿机的前身，它的结构在中世纪更为复杂(图 544)。

(c) 碾磨：旋磨的发展 在罗马的大众面包房出现后的几个世纪里(公元前 3 世纪或前 2 世纪)，做面包仍是家庭妇女的一项主要任务。在这种情况下，在更高效的器具——例如推力磨和旋磨——传入前，鞍状磨(第 I 卷，图 175—176、图 180)和各种样式的谷物磨[1]仍然长期为普通家庭所使用。

图 72 出自奥林索斯的推力磨上磨盘的俯视图。下凹部分构成一个料斗，谷物通过狭缝漏下。两边各有一个凹槽，横贯上磨盘的把手可置于其中，利用把手可把这块磨石推向和推离磨具，或如图 73 那样使其绕轴转动。公元前 15 世纪。

推力磨由鞍状磨发展而来。它的两块磨石是扁平的且上面有沟槽，上磨盘有一个带狭缝的料斗，能连续将谷粒送到磨的表面(图 72)，也可安装一根横置的如同把手的木棒(图 73)。这种推力磨可能起源于小亚细亚和叙利亚[14]，希腊人在公元前 5 世纪、罗马人在公元前 1 世纪开始熟悉它。

自从拉坯轮和车床在东方的青铜时代被发明出来以后，旋磨作为最早出现的旋转运动器具就具有了重要地位[15]。它看来可能不是从鞍状磨发展而来，而是从谷物磨演变而来。旋磨带有石球，可以在具有边缘的凹盆中滚动。在两块石块或石盘中，上磨盘的一个凸起可以在下磨盘的凹槽里绕轴转动，反之亦然。公元前第二个千年，这种方式在巴勒斯坦就已经使用(第 I 卷，边码 200)。再加上一个穿过上磨盘一侧的手控栓，就

1 一种适于磨细而不是舂碎的浅臼，带有蹲式的面包状杵。

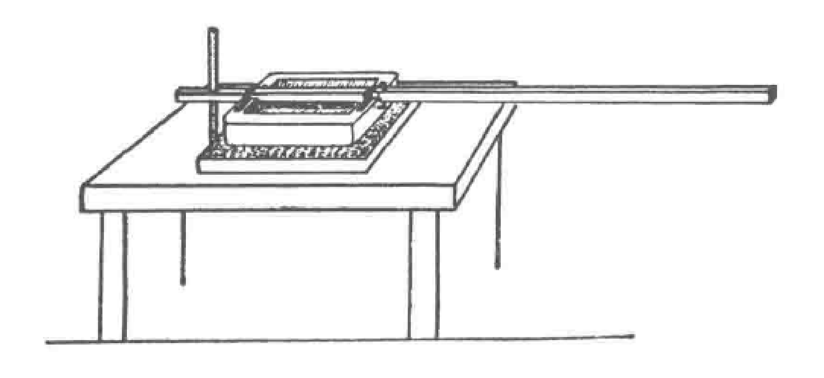


图 73　绕轴销往复运动的推力磨的安放。
出自公元前 3 世纪时雅典附近迈加拉的一个盆地。

构成了旋磨，如同叙利亚的泰尔·赫莱夫（公元前 9 世纪？）的一个样品那样。

在希腊，这种旋磨的早期使用情况尚无考古学上的确凿证据，它甚至在公元前 3 世纪仍然很少被使用。它从希腊向北流传，远至摩尔达维亚和阿尔卑斯山地区。在那里，我们可以在整个凯尔特人拉登铁器文明时代（公元前 1 世纪）找到它的影踪。这种磨的上磨盘上有料斗，在公元前 1 世纪时流传到了南英格兰（图 74A）。

旋磨传到欧洲和西地中海地区时，已经有了两种不同的类型，在伊比利亚有两个竖直的手柄（图 75），在中欧则具有水平的径向手柄，如同其东方的原型（图 74）[15]。这些磨是随着职业磨工而出现的，发展的状况与工业规模的面粉生产相联系。直到 3 世纪，德国北部和斯堪的纳维亚才知晓旋磨。

古代由两块扁平石块构成的便携旋转手工磨的流传，似乎与希腊和罗马的军队有着密切的联系。古代军队中的士兵自己磨谷物，手工磨是罗马军营的一个普遍特点。一台手工磨可供 5—10 人使用，每人能带足可供给 30 天的面粉。

为避免磨石的砂粒进入面粉，改进后的旋磨有一根从下磨盘中央伸出的轴。上磨盘的石头重量通过木制或铁制的“上磨盘圆孔下的支座”或载体传递到这根轴上，支座或载体穿过上磨盘添加谷物的圆孔

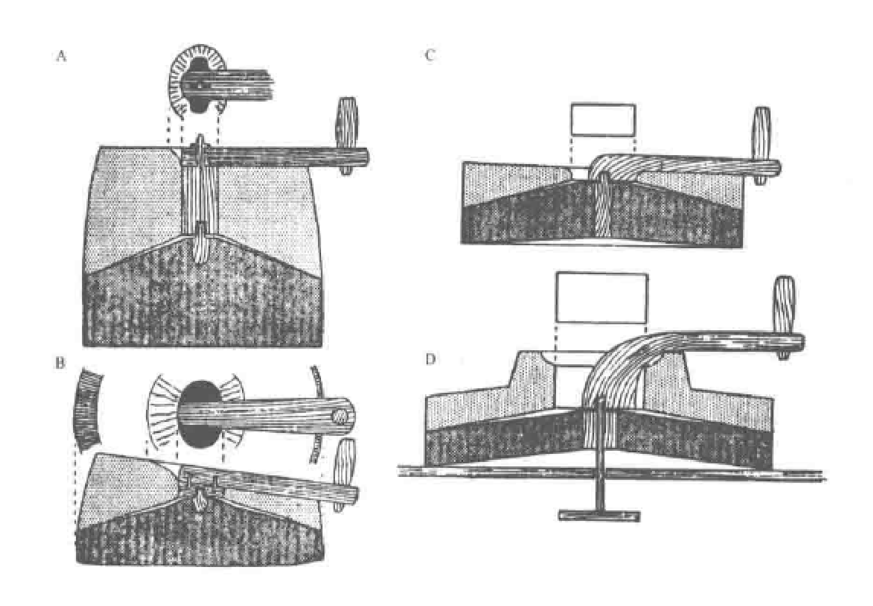


图 74　早期英格兰磨的类型（部分简图）。
(A) 公元前 50 年以前；(B) 1 世纪；(C) 2 世纪；(D) 4 世纪，注意料斗尺寸及摩擦面面积与重量之比均有增加；(D) 上部有一个可调节高度的石块。

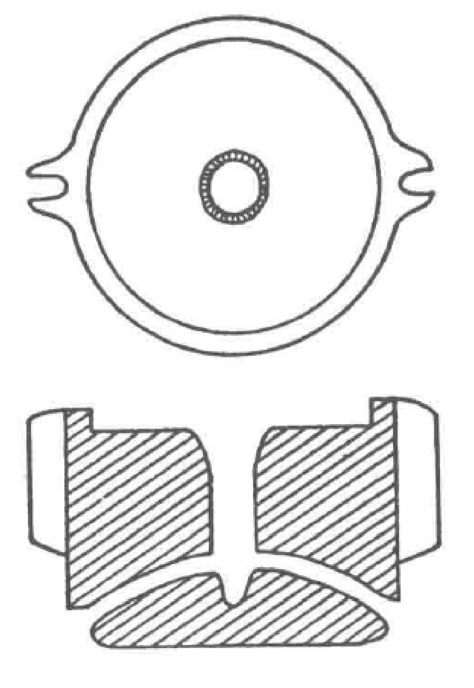


图 75　伊比利亚型石磨图。
上磨盘有两个槽，可安装两个竖直的手柄。

来固定。这种构造的一种最简单的样式见图 74A。这个支座经过调节，可使磨盘仅仅轻微接触，力主要作用在边缘。

安装驴力磨时要在磨面表面开槽，并且在上磨盘做成料斗。不过，这种磨要大得多，在柄上套上驴、骡、马甚至奴隶就可以转动了（图 76—78）。事实证明，坚硬的维苏威火山岩特别适合制造罗马石磨[16]。大约在公元前 300 年，磨谷物中的驴力磨才为希腊人所知晓，但公元前 5—前 4 世纪就有了相似的装置，它在劳里昂的银矿中用来压碎矿石（边码 44），谷物磨可能就由此演化而来。

从公元前 2 世纪开始，面粉磨传入意大利。当时，加图规定一个农庄必需器具的组合为“3 台驴力磨配 1 台手工磨”[17]。这种模式在

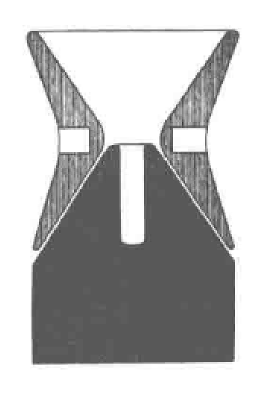


图 76 驴力磨两个磨盘的剖面图。
(驴力磨这个词被用以称呼这种大型磨，不论它是由驴、马，还是由奴隶驱动的)。在下磨盘的凹陷处插入一根轴，通过上磨盘圆孔下的铁支座，托住上磨盘。上磨盘高出摩擦面的延伸部分构成一个料斗，两侧的下凹处可安装连接挽具的支架。

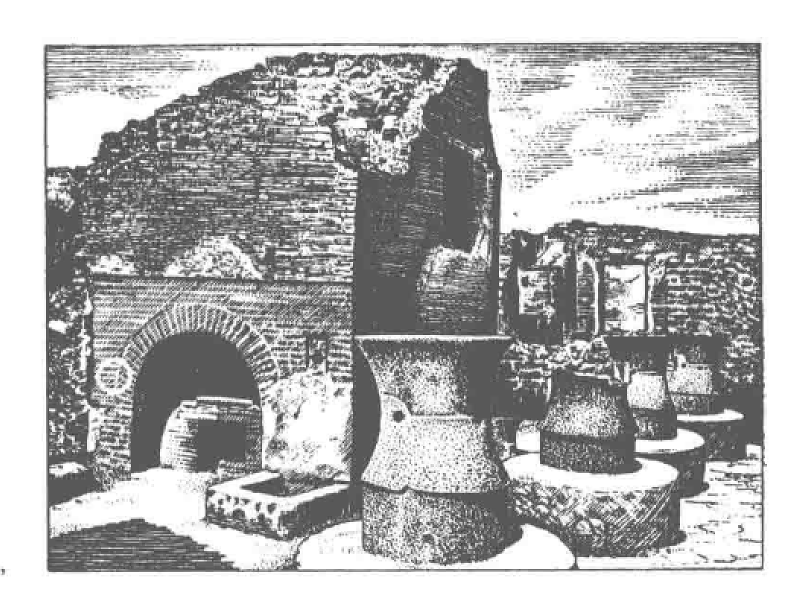


图 77 庞贝古城中四台驴力磨和一个烤炉（79 年）。
插图显示了套了挽具的牲畜被迫转动的圈子是多么小（图 78）。面粉从环形的平台上收集。

很长一段时期内是罗马磨坊主的典型配置，他们抵制水力磨的引入。维吉尔（Virgil，公元前 70—前 19）第一次在文献中提到罗马乡村使用的旋转手工磨[18]。

罗马帝国时期谷物磨的重要革新，主要是转动方式而不是结构[1]。罗马人在帝国时代使用的是相当大的固定磨，直径约 75 厘米，可转动的磨盘与一根水平轴相连，轴上装有一只由奴隶操纵的轮子[19]。

如今，东亚和东南亚的一些部落在手工磨上仍然使用曲柄，这样操作者就只需作短距离的往复运动。1430 年后，

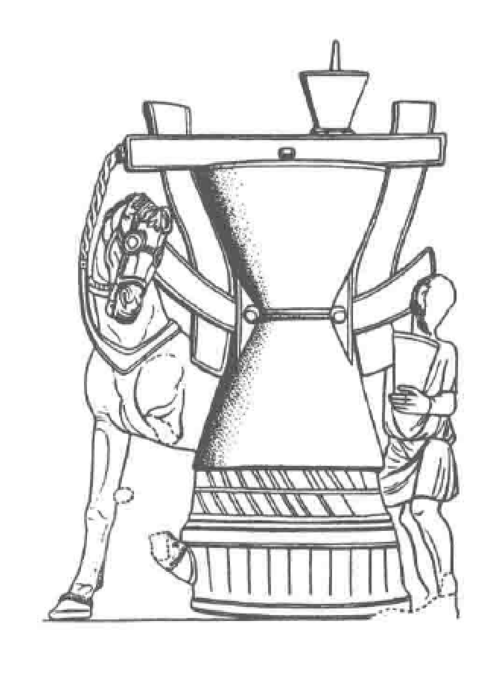


图 78 套上马的驴力磨，磨坊工人站在右侧。
从下磨盘突出的地方可看见槽。在这一石块下面是一个盛接面粉的环形容器。取自 2 世纪一罗马石棺上的浮雕。

1 见第 17 章水力磨和风车部分。

欧洲开始使用与手工磨的轴相连的双曲柄，并有一个高于操作者的基座（图 597）[20]。

112 制成橄榄油的第一步是捣碎橄榄果后再压榨，最简便的捣碎方法是用一块圆柱状石块在一个盛橄榄果的槽里来回滚动。罗马人所知晓的滚磨就是榨油机（mola olearria），它由固定在同一水平轴上的两块圆柱状石块（磨盘）构成，磨盘绕垂直的轴转动（图 79）[21]。当中心轴旋转时，通过一个可调节的空隙，滚动的石块可以碾过盛有橄榄的台槽。这样，不用压碎果核，就可将果肉分离出来。这种样式的磨在南欧使用至今。据普林尼所述，雅典改良了这种样式，称作特拉佩塔（*trapetum*，图 80）[22]，在磨石和槽盆间有 1 罗马寸（1.8 厘米）的固定空隙[23]。在希腊奥林索斯原址（公元前 5 世纪）上发现了 5 块磨石，形状和装置表明它们是特拉佩塔的早期样式[24]。

（d）压：板式压力机 发明压力机不是用来压紧东西，而是用来榨取油和果汁，特别是用来压榨橄榄和葡萄。箱式压力机（第Ⅰ卷，图 186—187）代表了前古典时期这种机械装置的最后一个阶段。

爱琴海世界似乎早已产生并发展了板式压力机，至于后来它又发展到何种程度还不能确定。橄榄的种植可以追溯到南爱琴海的早期青

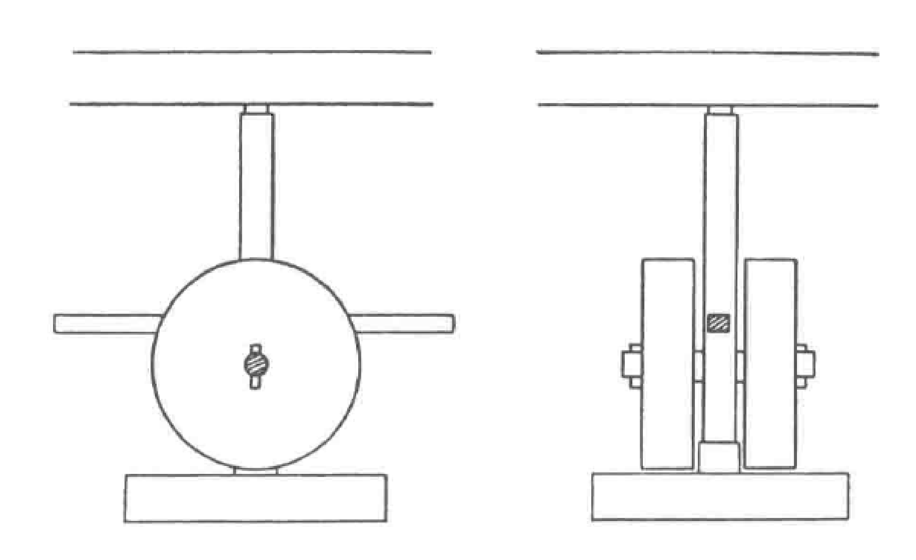


图 79 据科卢梅拉（Columella）所述，压榨橄榄的榨油机的复原图。果实分散在环形平台的槽中，磨盘绕垂直的轴转动。注意，磨石和槽之间的空隙可避免盛橄榄的磨盘受到挤压。水平轴约齐腰高。1 世纪。

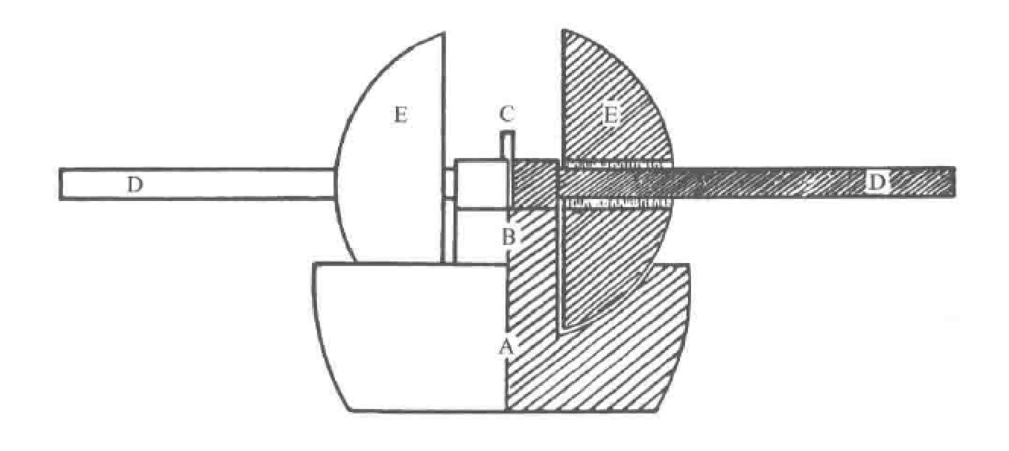


图 80　奥林索斯压榨橄榄的希腊特拉佩塔的复原图。
在一个大的环状灿岩盆（A）中央，竖有一根实心柱（B）。柱顶有一个方孔，装了一枚直销（C），并用铅条楔紧。一木质杆（D）穿过直销并连接两块一面平一面凸的大磨盘（E）。像榨油机一样，磨盘绕中心轴转动。这些磨石的直径有 80 厘米。

铜时代，但至今还未找到那一时期榨橄榄的机械装置的证据[25]。已知的最早的橄榄压力机和压榨橄榄的槽的遗迹是在克里特岛发现的，属于米诺斯时期中期（约公元前 1800—前 1500）。然而，它们不能为复原工作提供充分的细节[26]。在基克拉迪群岛的一个遗址中，发现了一台古希腊晚期青铜时代（约公元前 1600—前 1250）的板式橄榄压力机。约在公元前 1000 年后，这种压力机的使用更为频繁。它们的结构被清晰地描绘在瓶饰上，例如公元前 6 世纪早期雅典陶工的黑纹陶器（图 81）。板式压力机运用了杠杆原理，一端铰接到壁凹内或两根石柱间，另一端通常载有沉重的石块并被拉下。装在袋里或放在木板之间的果实，在木板中央的下方受到挤压。如今，这种挤压方法仍用于许多地区的葡萄酒酿造业。

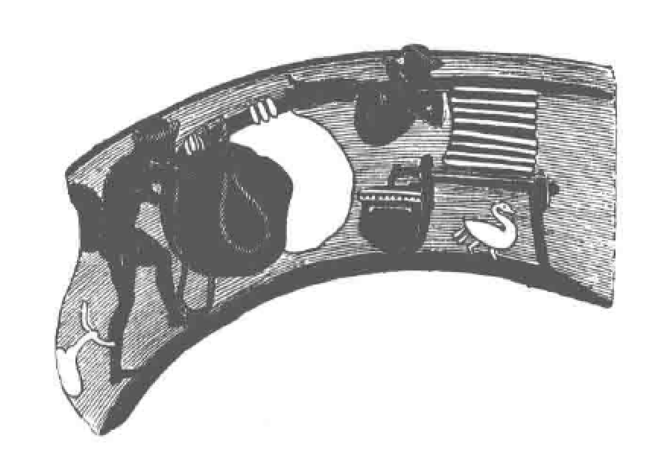


图 81　榨取橄榄油和葡萄汁的简易板式压力机。压板的右端固定在壁凹里（图中未显示），另一端坠上人或物，用以挤压放在压床上用绳子捆住的果实。通过压床下方的缸来收集果汁。取自公元前 6 世纪的一只希腊花瓶。

这种板式压力机的进一步演化可在古代作家的作品中找到，

例如普林尼描述道：

> 有人用单板压力机榨葡萄汁，无论这块木板有多大，它的确比用两块管用。对压力机而言，压板的长度是重要的，那些具有足够宽度而不是厚度的压板效果更好。古时候人们通过手动杠杆，用绳索和皮带拉下压板。但在最近的几百年里发明了希腊式压力机，它带有圆杆，周围则是围绕着圆杆的螺旋状槽。有的人在圆杆上装上手柄，另一些人用圆杆举起了成箱的石块，这一装置的设计被广为接受。最近20年里，又发明了一种更小的压板和压力机，它带有一根竖直的更短的圆杆，可直接向下插入中部，从上方将所有重量施加到盖子上，盖子下压着葡萄，压力机上方做了一个上部构件[27]。

114　普林尼明确地描述了四种类型的压力机。第一种是加图（公元前234—前149）描述的运用少许机械的老式板式压力机（图82）[28]，通常长达50英尺的重压板的一端安装在横杆下方，另一端可通过绕在一个直径为6—9英寸的水平鼓轮上的绳子拉下。这一拉下压板的简便方法，一直使用到罗马帝国末期，有时压板的自重要超过500千克。

115　第二种改良的压力机可以提供稳定持久的压力，具体体现在希罗（Hero，1世纪）的描述中，尽管它已经更早地为人知晓（图83）[29]。它由一块重石、压板和旋转鼓轮组成，压板上引出的绳子从下方绕过重石上的一个滑轮，再从上方绕过压板上的一个滑轮到达鼓轮。当鼓轮上的绳子拉紧时，压板承受整块石块的重量。这种古老的利用石块重量的压力机，大概发明于古希腊。

大部分受压物装在圆筐里，圆筐则是用绳子、细茎针茅织物或篮筐围成。或者说，“在柳条篮里捣碎橄榄或把糊状物围在薄板间，这是最近发明的一种方法”[30]。在压板下，盛着大量果浆的绳筐可见

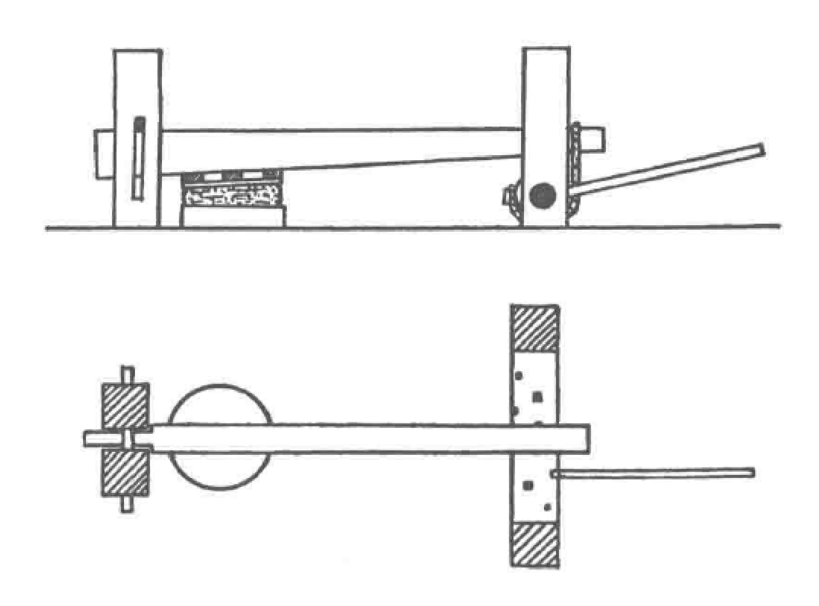


图 82　加图描述的压力机的立视图和平面图。
压板左端安装在两根木柱之间的横梁下方，葡萄或捣碎的橄榄捆扎在沉重的压板下面，压力通过右端绕过鼓轮的绳子施加。鼓轮安装在木柱间，通过拉动可拆卸的手柄使其运转。压板约长 50 英尺。

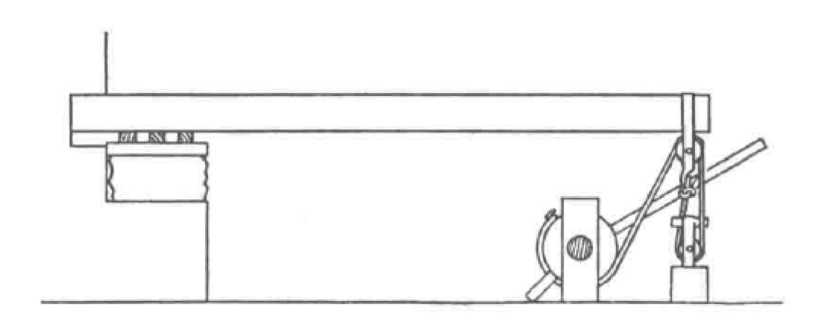


图 83　希罗（Hero）描述的压力机。
如图 82，绳子由可拆卸的手柄转动鼓轮拉紧。当在鼓轮上插入一只销钉以防绳子滑脱时，就可举起右边的重物。因此，可通过非常强大的杠杆作用将一持续的压力施加给左侧压床上的物体。压板约长 11 米。1 世纪。

于上面提到的一幅希腊图画（图 81）。压床上刻有一两条用于收集汁液的槽，以便将果汁引入贮藏缸。我们知道，一个 4 人小组每天能压榨 25 次橄榄，共 100 蒲式耳，每蒲式耳橄榄能产出约 6 磅油。每压 300 蒲式耳的葡萄，可以产出 22 加仑果汁。 116

板式压力机特别适用于压榨橄榄或葡萄这样的大规模操作（图

84)。当压榨量较少时，例如压榨含油种子、香草、纸莎草的叶子，人们更喜欢用另外两种压力机，分别是螺旋压力机和楔式压力机。

螺旋的起源与阿基米德（Archimedes，卒于公元前212年）有关。117 到希罗时代，人们已掌握加工内螺纹的螺纹刀具[31]，这与普林尼关于螺旋压力机的叙述一致。它可能在公元前2世纪或前1世纪源于希腊，似乎约在公元前1世纪末传入罗马。

螺旋在压力机上最简单的应用是代替装有柄的鼓轮。螺旋竖直安



图84 神话中正在压榨制酒的基督。艺术家描绘了真实的螺旋压力机。取自12世纪兰茨佩格的埃拉达(Herrad of Landsperg) 的手稿。

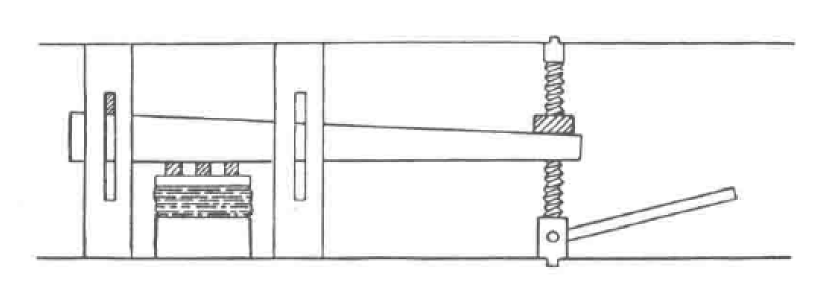


图 85　普林尼所述的第一种杠杆—螺旋压力机。
螺旋或在地上有一个切去底部的基座，或如图所示，在地面和屋顶上都有基座。在压力机右端有另一对开槽的柱子，一块木板穿过柱子的槽孔且低于压板，用以填塞缝隙，转动螺母就可将压板末端压下 1 世纪。（希罗关于切削内螺纹的方法见图 572。）

装在地上的基座上，螺母则安装在压板一端的叉状物上。这样，旋转螺旋就可以降低压板（图 85）。

据希罗和普林尼所述，在这种压力机的一种改良方案中，螺旋能够举起一块石头的重量（图 86）。直到今天，这种类型的压力机仍在埃及、爱琴海、意大利和阿尔卑斯山使用。它有时被称为“希腊”压力机，其实更常见于罗马维特鲁威时期（公元前 1 世纪）。在巴勒斯坦发现了罗马时期的这种压力机，《塔木德经》（*Talmud*）曾经提到过它们[32]，埃及人也模仿了这种改进的样式。

据普林尼所述，省略杠杆装置、螺旋直接从顶部穿下的压力机大约出现于 50 年。希罗知晓两种样式，第一种由两个螺旋操纵，短压板两端各有一个；第二种由位于中央的单个螺旋操纵，更像一台现代

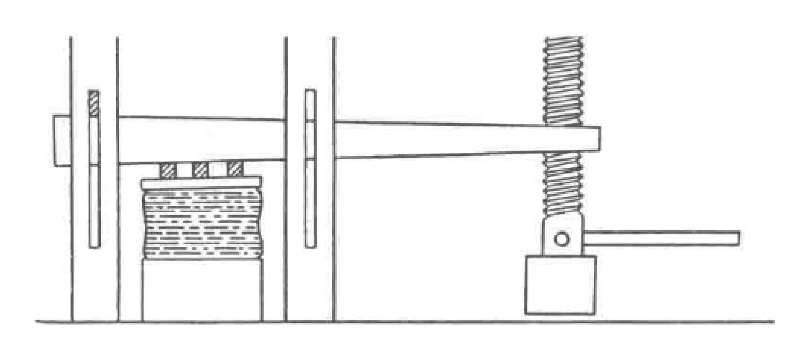


图 86　普林尼所述的第二种杠杆—螺旋压力机。
图 85 中的基座在这儿被省略了。1 世纪。

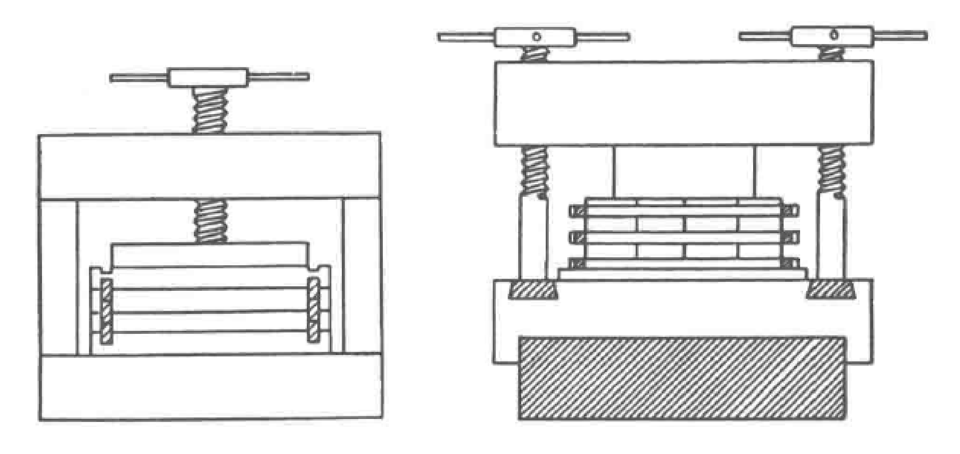


图 87 希罗描述的螺旋压力机。
(左) 单螺旋轻便压力机。螺旋由顶部的手柄转动，而螺旋的末端压向压力机的盖子。将木板拼合起来就能达到所需高度，以组成盛果实的容器。
(右) 重型双螺旋压力机。顶端的手柄能旋紧压力机的盖子。螺旋底部装在基座上加工出的楔形槽中。果实容器由 3 组横杆将竖直板条连接而成。压力机宽 140 厘米。1 世纪。

拷贝机(图 87)。

楔式压力机没有早期的文字记载，但在墓碑上和后来的药学文献中都有关于它的描述[33]。盛果肉的石基上有一处凹坑，上方的楔形木块和板条层层相间，最高一层与固定支架的下端连接。用锤敲击伸出两侧的楔形木块，就可以榨制果浆了。

118

4.3 希腊人和罗马人的饮食

史前的希腊人很熟悉一般的煮、烤、煎的方法。甚至到公元前 600 年以后，即便更高效的烤炉持续推广，诸如在热灰中焙烤之类的原始方法仍在局部地区使用[34]。当烤面包成为一种职业时，人们就建造了更大型的烤炉(图 77，边码 88—99)，并且就像在庞贝城那样，其他一些面包制作程序(如揉面)已经机械化了。

除了面粉以外，去壳谷粒——去壳并捣碎但没有磨细的谷物——在希腊和罗马已经非常普遍。普林尼是这样描述其生产的：

去壳谷粒源自二粒小麦。在一个木臼里舂谷物，以免坚硬的石块

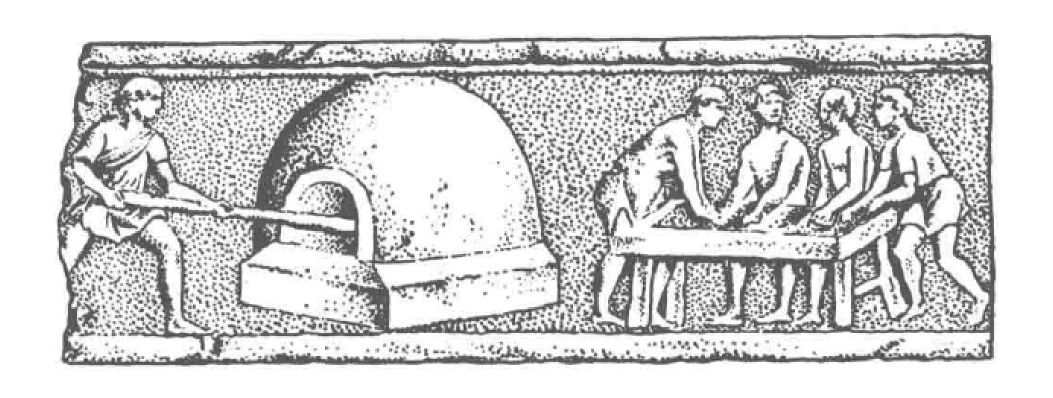


图 88　罗马面包师的烤炉。右边的人正在揉面。
这是面包师欧律萨斯（Eurysaces）墓碑壁像的一部分。罗马，公元前 1 世纪。

将其磨碎。众所周知，杵的动力由戴镣铐的罪犯提供。杵的末端有一个铁罩，谷物去壳后，裸露的谷粒又被相同的器具捣碎。这一过程产生三种等级的去壳谷粒：非常小的，中等大小的和最大的……这些谷粒仍未达到能将它们区分出来的白度，尽管在这个阶段它们比亚历山大时期生产的谷粒更好。

说来很奇妙，下一步操作是掺入白垩粉。这种粉能渗入谷粒内，并有助于使谷粒变得更白更精细……大量低劣的去壳谷粒，主要由长在非洲的一种低劣的二粒小麦产出。在麦穗中掺入沙粒并捣碎，即便此时去壳仍有一定困难，且仅能产出一半裸露的谷粒。接下来将 1 夸脱的熟石灰撒入谷粒中，当其附着于谷粒上后，再用面粉筛子过筛。留在筛子中的……是最粗糙的，筛出的再用更细密的筛子筛分，所得的称为粗面粉，第三次用极其细密的筛子筛出的则称为精筛面粉[35]。

古代大多数粉质食物都是将原料与沸水搅拌而成的一种粥状物。例如，马萨（*maza*）的成分有面粉、蜂蜜、盐和油，塔龙（*turon*）的成分有面粉、磨碎的干酪、鸡蛋和蜂蜜。布鲁斯（*broths*）的制作也很普遍。

荷马史诗给人的印象是，所有人都大块吃肉（羊肉、猪肉和牛



图 89　3 世纪时罗马人的厨房。
火炉在右边，人们正在它上面的一个大锅里搅拌食物原料。取自特莱芙附近的伊吉尔的一块墓碑，2 世纪。

肉），只有穷人才吃鱼。然而，事实上当时的主食都是粉质的，包括粥、面包和由二粒小麦制成的去壳谷粒，或者是大麦。此外，还有大量蔬菜，特别是豆类（蚕豆、豌豆和兵豆），以及鱼和其他海产品，并用调料调味。其他食物有羊肉和牛肉，但后者很贵。上层阶级享用得起野味，尤其偏爱野兔和歌鸫。除非在困难时期，人们很少食用歌鸫之外的野鸟。富人尽情享用母羊肉、羔羊肉和像鳗鲡这样的珍贵鱼类。坚果、橡果、栗子、杏仁和其他一些水果很受欢迎，洋葱通常生吃甚至蘸酒吃，色拉品种的繁多非常出名。总的说来，肉只有在献祭时才可以免费享用，这表明它在频繁的宗教仪式上的作用反倒比作为一种普通消费品更为重要。就此而言，这种情形与《圣经》时代的巴勒斯坦很相像。

希腊人对牛奶有一种奇特的厌恶感，认为牛奶不卫生。从荷马时代起，饮用牛奶就被指斥为放纵，所以鲜奶和干酪主要从绵羊和山羊身上提取。酒是主要的饮料，饮用时掺 1—3 倍的水。人们有时饮用大麦汤，特别是病人。在《希波克拉底集》(*Hippocratic Collection*，约公元前 400 年）中，叙述了它的一整套的制备工序。

120

在公元前 6 世纪和公元前 5 世纪，随着希腊文明的扩展，与海外的联系导致了对进口谷物的依赖，人们的饮食结构也随之改变。小麦

取代了大麦，到公元前5世纪的时候，大麦面包通常被视为只有穷人或北方的野蛮民族才吃的食品。港口的面包房更普遍了，人们食用更多的鱼。当时，添加了油、干酪、奶、酒、胡椒、茴芹的白小麦面包和蛋糕成了平常之物，有钱人已经不再经常食用豆类。咸鱼——例如金枪鱼、鲱鱼和沙丁鱼——出现得更为频繁，种类繁多的沙司也是如此，其中最出名的沙司是加龙（*garon*），通过将小鱼放在浓盐水中浸2—3个月制成。包括土茴香、芫荽、芝麻和串叶松香草（来自昔兰尼）在内的调料由当地种植或进口，人们种植了更多种类的蔬菜，其中有卷心菜、芦笋、小黄瓜、洋姜、菠菜、芹菜和本土的调味香草（如茴香、金盏草和薄荷）。调料从海外进口，但是土生土长的有香味或开胃的植物——例如百里香、大蒜、水芹等，在一定圈子里也受到人们的喜爱。

与饮食的迅速发展相伴的是烹饪书的出版，独立的职业厨师或隶属于大家族的名厨的出现，以及宴会或聚会的举办。在《希波克拉底集》和其他一些公元前4世纪至前3世纪的著作中，我们同样能找到饮食科学的起源。

在稍晚些时期的古罗马，也能看到相似的发展。农民普遍的食物是由二粒小麦或豆粉做成的加了盐的稠粥，一般与绿色蔬菜一起食用，很少与肉类一起食用，并辅以由去壳谷粒制成的其他食物。古罗马面包是一种平的、坚硬的、未发酵的在火炭上烤制的糕点，往往蘸奶后再食用。甚至在发酵技术传入罗马后，这种面包仍然很受欢迎。蚕豆、豌豆、芜菁和洋葱构成了素食的主体，人们起先只吃甜菜的叶子。鲜奶、干酪、蜂蜜和橄榄油的食用已很普遍，苹果、李子、梨、石榴和无花果等水果已广为人知，调料（例如大蒜、盐和花园里的香草）完善了菜谱。最古老的饮料是用水稀释的鲜奶，后来有了酒。古罗马人不珍惜鱼类，很少食用野味，大多数肉食品包括山羊肉、羔羊肉或猪肉。

大约公元前300年，随着希腊文明从南意大利向外扩展，人们的饮食也发生了改变。当时，小麦开始取代更古老的二粒小麦和单粒小麦（第Ⅰ卷，边码363起），人们的口味由此转向白面包和糕点。在第二次布匿（Punic）战争期间（公元前218—前201），人们开始从埃及、北非和西西里进口小麦。不久，埃及谷物就在罗马市场上取代了意大利谷物。职业的磨烤工人大约出现在公元前170年。人们的口味也越来越讲究。尽管卷心菜、韭葱、豆和豌豆仍是普通食物，但当时加强了水果栽培，生产更多的杏仁、栗子、榛子和胡桃。在公元前1世纪，樱桃、桃子和杏子等东方水果也传入了意大利的果园。直到4世纪，柑橘栽培才获得成功。

121

更多的肉类出现在富人的餐桌上，意大利农场主开始专门研究使鹅和鸡增肥的技术，他们从希腊人那里学会了制作鱼肉菜肴和沙司。随着罗马共和国的消亡和帝国的建立，富人们过分讲究的口味促进了奢侈食品的进口，例如从英格兰进口牡蛎，人们还建造了堆满雪和冰块的冷藏地窖来贮藏食品。

在罗马帝国时期，医生开始考虑病人的饮食。塞尔苏斯［Celsus，他创作的约与基督同时代的著作《医学》（*De re medica*）从希腊语翻译过来］凭经验制定的饮食方略，经盖伦（Galen，129?—199）的《食物的功能与效用》（*Faculties or Powers of Aliments*）一书的补充，成为中世纪饮食学的基础[36]。

这一时期，罗马人对口味的过分讲究，导致了面粉磨筛方法的改良及对有营养价值的糠麸的排斥。不过，普通百姓尤其是军队仍然吃着过时的食物（边码120），辅以肥猪肉、啤酒、葡萄酒和油。肉被视为美食，以至西庇阿（Scipio Africanus，公元前236—前184）抱怨士兵不得不携带铁叉以便烘烤配给的肉。甚至在帝国晚期，战术家——例如韦格提乌斯（Vegetius，4世纪）——也认为肉是士兵食物中的佳品。

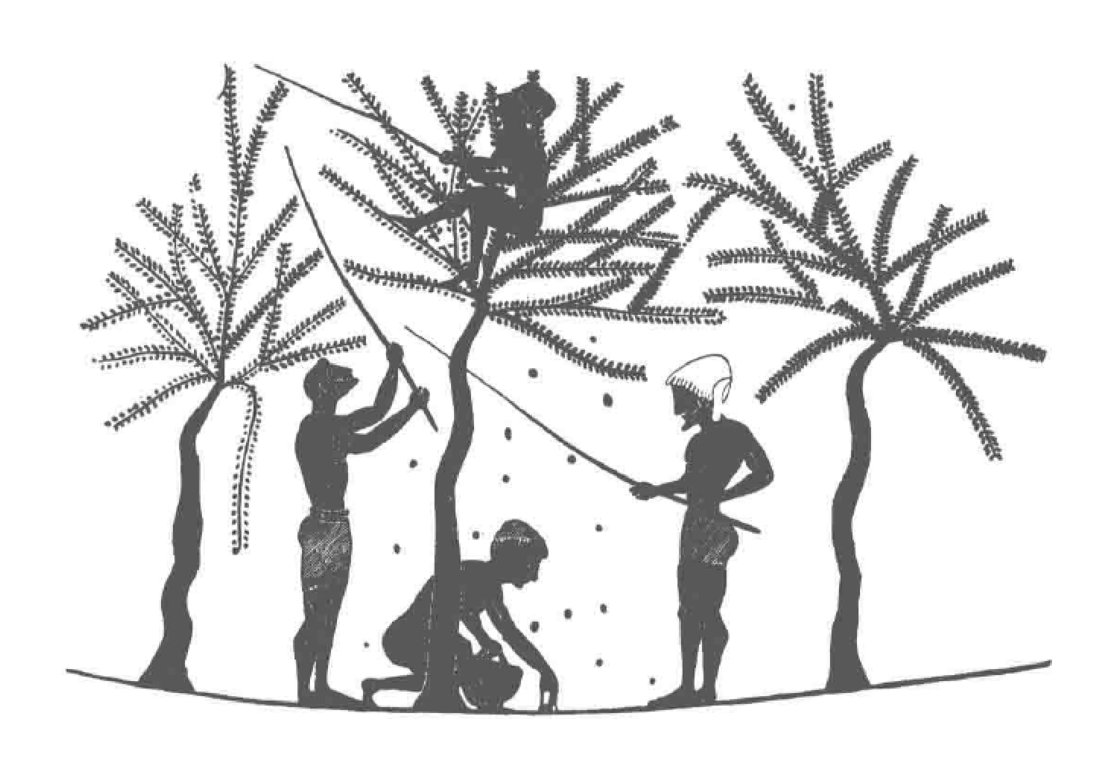


图 90 橄榄收获图。取自公元前 6 世纪的一只希腊黑纹花瓶。

4.4 橄榄油的生产

古代近东和地中海地区的帝国都依赖橄榄油，并把它作为主要的供应油(图 90)[1]。的确，在西方语言中,oil 这个词源于拉丁文“*oleum*”和希腊文“*elaia*”，还可追溯到更古老的闪米特语中的“*ulu*”，它们都是“橄榄油”的意思。

在克里特，橄榄早在公元前 2500 年就开始栽培了(第 I 卷，第 14 章)。克里特国王的相当一部分财富，就是来自向埃及和东地中海沿岸地区出口橄榄油[37]。

橄榄油在烹饪中的使用逐渐从东地中海地区向西传播。公元前 580 年后，橄榄树的栽培经由南意大利从希腊传到了罗马，葡萄的栽培也同时传到了那里。到古典时期，橄榄油在整个地中海沿岸地区已经很普遍，在教会宗教仪式上的使用促使它向北欧流传。不过，橄榄油一直无法同由西欧供应的动物油相竞争，因为北方的纬度不适于橄榄树生长且进口产品太贵。油菜和罂粟从新石器时期开始在欧洲栽培，

122

1　他们使用少量的动物脂肪作为油的补充。

人们用它们的籽来榨油（第Ⅰ卷，边码358—359）。在13世纪，这种油已经开始同动物油竞争。

近东和古典世界的橄榄油生产并无本质差别[38]。一些陶瓷花瓶上的图案描绘了最初的检验橄榄成熟度和质量的方法，即先从几个果实中榨出汁液，使其经过一个漏斗流入小瓶子里，然后检验分离出来的油的味道和气味。

尽管有时橄榄贮藏在压榨间的地板上，但橄榄油的提取最好在采摘以后直接进行。果肉须首先与核分离，由于橄榄的壳相当坚硬，可用前述方法来压碎（边码112）。将榨出的浆液（边码115起）静置于缸里，直至水分能从缸底的塞孔中排出，而只将油留在里面。将油从水油混合液中完好地分离出来是很重要的，因为水油混合液中含有一种能破坏油味的苦素（amurca[1]）。经过第二次和第三次挤压后，将果肉浸入热水中还能得到油，但每次的油质要比上一次的差。通常情况下，只能压榨三次并得到三种质量的油。古代作者将橄榄油分成另外的很多品级，这与橄榄油不仅可作烹饪用，还可用于药膏、化妆品和盥洗品的制备有关。所有这些产品，都需要高纯度的油作为香料和精油的载体或主体。

123

4.5 中世纪的饮食结构

自罗马帝国灭亡以后，关于不同阶级饮食结构的完好文献，都证明了饮食结构因地区、时间和口味的逐渐改变而变化。

民众主要吃素食且很节俭，通常每天只吃两餐。一条中世纪的谚语这样说，天使每天只需要吃一次饭，凡人两次，野兽三次或更多。在我们的印象中，鲸饮大量的葡萄酒、蜂蜜酒和啤酒，并且吠吞很多食物的情景，只有在王室和贵族们举行盛宴时才会遇到。这些情景因一些特殊原因被编年史家所记载，但如此盛宴即便对富人也属例外

1　一个英国化的拉丁单词，意思是橄榄残渣。

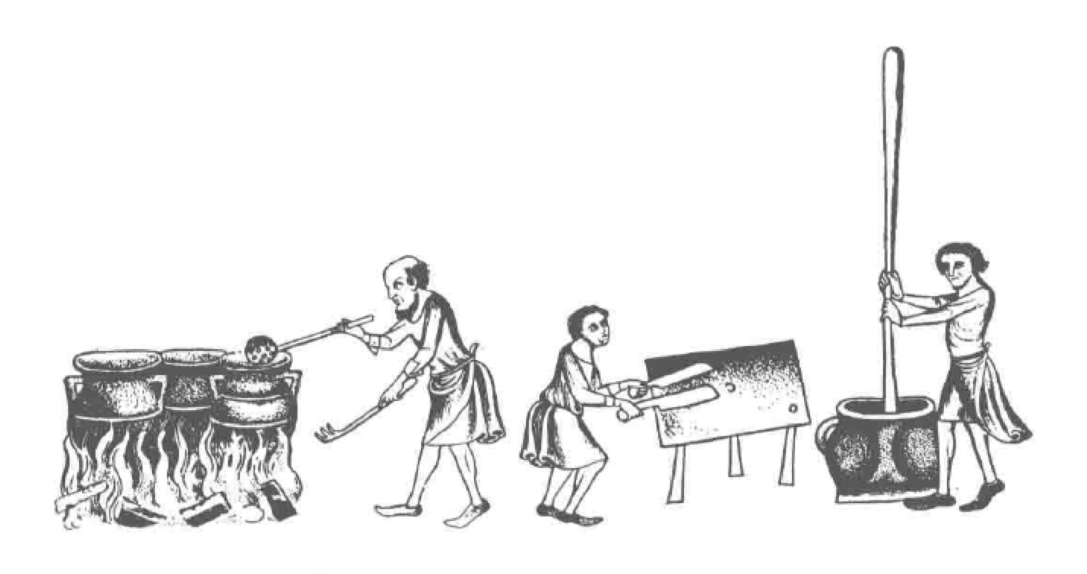


图 91　中世纪的厨房。图 91—94 取自 14 世纪的《勒特雷尔圣诗集》。

（图 91—94）。日历上有很多盛宴节日，不过还有更多的斋戒日。在斋戒日里，早餐和晚餐都受严格的教规限制。

除了比较频繁地举办盛宴，许多较富裕的阶层与手艺人和市民们分享相同的食物，主要有早上的几种汤和晚上的几种粥或汤、鱼和蔬菜。面包和蛋糕之外，谷物制成的糕点仍是一种奢侈品，因为油脂很贵。食物中的鱼——例如鲜鱼、干鱼或咸鱼——比今天食用得要多得多，因为肉仍很贵，一周难得吃一次以上。只要买得起，啤酒和葡萄酒可以像水和奶一样让人饮用。这种选择很大程度上具有地区性，啤酒在德国的北部地区很普遍，南方则流行葡萄酒。

为了给手工艺匠们提供稳定且廉价的食物，中世纪的城市可谓

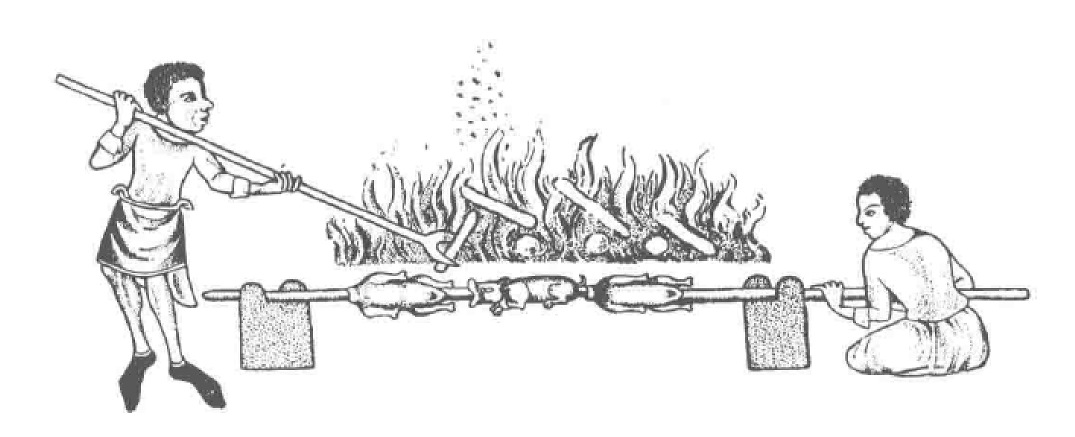


图 92　在烤肉叉上烤肉。



图 93　准备将烤肉端上桌子。

煞费苦心。农业和饲养业的发展，是佛兰德斯城镇独立并成功抵御王室强权侵犯的首要因素。淡水渔业和沿海渔业都很重要，鲱、鳕、鲐、鲑、螃蟹、龙虾、鳗鲡、沙丁鱼、七鳃鳗、牡蛎、贻贝，甚至海豹、海豚和鲸都通过晾干和腌渍保存或趁鲜食用。伯克尔松（William Beukelszoon，约 1375 年）发明的一种取出鲱鱼内脏的技术，改进了保藏海产品的方法。

124

市民们通常食用蔬菜和豆类、未发酵的蛋糕、面包和汤，并适当吃些鱼和肉。在 13 世纪，他们的食物中通常增加了一些腊肉、牛肉、猪肉、鸡肉和鸡蛋，还有啤酒或葡萄酒。中世纪人们的报酬逐步增加，劳动阶层的境况在 14 世纪和 15 世纪出现好转，并且能更多地享



图 94　中世纪的膳食。人们已使用刀叉。注意支架台。

用小麦面包、羊肉、猪肉和山羊肉。事实上，整个这一时期的食物基本相同。亚历山大·内克姆（Alexander Neckam，1157—1217）说，人们将谷物制成发酵面包、未发酵的蛋糕和团子来食用[39]。他断言："调料中包含真正的烹饪学奥秘。例如，一只家禽需要配以经过葡萄酒或醋稀释的一种浓烈的大蒜沙司。"他继续说："将清洗过的鱼在葡萄酒和水的混合液中煮，之后将其与由撒尔维亚干叶、皱叶欧芹、苦牛至、百里香、姜、大蒜和胡椒制成的加了盐的绿色'开胃菜'一起食用。若佐以清澈见底的葡萄酒，食用者会特别兴奋并很快从疲劳中恢复。"

125

正如我们所估计的，农民食用更简便的食物，这在不同地方和不同时期有很大差异[40]，但一般都很粗劣。在很多地区，谷物和黍仍是穷人的食物。15世纪，人们接受了从蒙古传入的荞麦。荞麦（*Fagopyrum esculentum*）不是谷物，而是一种一年生的蓼科植物（Polygonaceae），所结的一粒籽的果实能磨成面粉。荞麦首先出现在梅克伦堡（1436年），不久就成为诺曼底和布列塔尼的一种主要作物。到1500年，荞麦在一些贫困地区被用作谷物的廉价替代品。13世纪的巴伐利亚农民主要以黍和燕麦粥为食，法国中部和德国南部的贫困地区食用芜菁和油菜。所谓的面质玉米其实是蔬菜和大麦、燕麦或黑麦的混合物，基本上是一种由各种食物混杂而成的大杂烩，趁鲜食用，在古典世界很受欢迎。此外，水芹、小萝卜、胡萝卜和欧洲萝卜也成了中世纪饮食的一部分。

有一种新食品的发明使谷物的保存成为可能。它是用干燥的揉捏好的谷物或米粉面团精心配制的。样子像通心面、细面条及其相似物，可能源于中世纪末的那不勒斯宫廷。

126

很多中世纪作者抱怨富人掠夺了农民的酒、小麦、燕麦、牛、公羊和牛犊，只留给他们黑麦面包。然而我们知道，随着时间的推移，农民在中世纪的境遇是好转了。特别是在黑死病疫情（1348—1352）



图 95 用刀和叉进餐。叉子在中世纪不是常用餐具。出自 11 世纪卡西诺（Monte Cassino）的手稿。

以后，报酬和物价上调但租税未变，成为了农民条件改善的重要因素，以前因占有土地而获取的很大一部分利润，由地主转给了佃户。

1381 年的农民起义爆发前不久，诗人高尔（Gower）为美好旧时代的农民鸣不平："他们不常吃小麦面包，他们的面包不是玉米做的就是豆类做的，而且喝的是泉水。当时对他们而言，干酪和鲜奶可谓盛宴。"[41]一位德国人类学家约翰内斯（Johannes Boëmus）记载了 1520 年的一份相似的食谱："德国农民吃的是黑面包、煮豆或煮豌豆，喝水或乳清。"[42]（图版 3A）其他一些 15 世纪的原始资料，提到了农民饮食的逐步改善。在圣诞节，他们常常能得到一大块上好的面包或两块白面包、一份丰盛的肉，以及餐后坐在庄园大厅里喝一杯的权利。

佃户的报酬通常以实物支付。例如，工作一天可得到 3 条鲱鱼和一大块面包，鲱鱼的大小及状况均有详细说明。在"耕者皮尔斯"（Piers Plowman）[1]时代，干酪、凝乳和类似物使燕麦饼和通常用"豌豆和蚕豆"烤制的面包更美味。当条件艰苦时，贻贝、冷冻的肉和鱼同烤鹿肉一样珍贵[43]。中世纪农民为增加家畜的饲料而进行的不断的斗争，使肉的供应很不稳定。虽然大修道院的蛋类、干酪、小麦面

127

1 《耕者皮尔斯的幻想》（The Vision of Piers Plowman）是中世纪的一首英文诗，作者是朗格兰（William Langland，14 世纪下半叶）。

包和啤酒比较丰富，但食物与农民还是略有不同。



图 96 用于磨碎和绞碎的小型磨。出自 12 世纪法国韦兹莱（Vézelay, Yonne）的一座教堂。

在北部地区，只有富人能享用橄榄油。穷人一般食用菜油、菜籽（油菜籽）油以及牛脂肪、猪油。古代很少被人重视的黄油，也得到较多生产，但对普通人来说价格还是太贵，很久以后才出现在他们的餐桌上。普通的甜味剂是蜂蜜，养蜂也是中世纪一项重要的工作。因为缺少黄油和糖，大多数中世纪的糕点都有易碎的特点。

在中世纪及以后的几个世纪中，人们用刀（一种猎刀）、匙和手指吃饭。叉子很少用（图 95），通常只在厨房内使用或用来将食物从罐子里转移到盘子内。木碗像盘子一样，通常由两人共用，木板或木盘用来放置或切割食物，也用来堆放煮过的蔬菜。肉常放在烤肉叉上或罐子里，再摆到桌子上（图 97—98）。盐瓶通常呈船形，像调料碗一样在中世纪餐桌上必不可少。中世纪人们吃的盐比现代人多得多，喜



图 97 在黑斯廷斯战争以前，诺曼底的威廉公爵（Duke William）用从乡间征收来的食物举行盛宴。盛宴的准备包括在敞开的火上烹饪，在烤肉叉上烤家禽。一个仆人正往厅中运送烤肉叉（未完，续至图 98）。



图 98 铭文写道:“在这儿,肉已烤好,仆人在侍候,人们在用早餐,主教为饮食祝福。”威廉公爵与他的同母异父兄弟奥都主教(Bishop Odo),以及4位骑士坐在桌旁。取自贝叶挂毯(Bayeux Tapestry)。11世纪。

爱用大量调料来调味。

128

厨房用具也发生了变化,铁制烤架[44]和锅子开始取代青铜容器,香料磨和不同种类的面粉磨进入了许多厨房,部分甚至达到了一定程度的机械化(图96)。15世纪末,我们发现了便携的装有轮子的面包烤炉。陶器和金属制的钟状盖子用来在炭火上烘烤食物,人们使用木制、青铜制和铁制的匙子、长柄勺、钩子和筛子,木制和白镴制餐具逐步被上了釉的陶器所取代。不过,玻璃器皿在厨房中仍不多见[45]。烹饪罐用铁链悬挂在炉火上方,或放在三脚架上面。厨灶在15世纪才出现。

在中世纪,随着时间的推移,人们更为关注商品掺假问题及其分析检测[46]。针对掺假制定的严格地方性控制措施,对重量和尺寸的标准化产生了极大影响。因此,英格兰的杂货商会或行会(合并于1345年)不仅有针对称重的“大秤杆监管”,而且还通过“反掺假”[47]部门成为公共食品和卫生的护卫者。他们监督商品中的杂质去除情况,或亲自去除杂质。虽然为监督屠户和鱼贩也特别作了一些努力,但监控仍然非常低效。在监控中,最重要的检测项目是诸如胡椒、生姜、盐和糖等商品的分量。

我们听说过许多掺假方式，例如淀粉中混入白垩粉，醋中掺入通过蒸馏绿矾得到的且经过稀释的稀硫酸液。人们通过仔细称一大块面包的重量，来鉴定它是否加入了糠或橡子和豆类的粗磨粉。啤酒掺假也很普遍，有时人们发现酒商往酒中加入黄芪胶、明矾、酒石或其他劣等调味品。

4.6 葡萄栽培

(a) **希腊的葡萄** 在希腊传说中有一个真实背景，酒神狄俄尼索斯(Dionysus)从吕底亚这个“爱喝啤酒”的国家逃到色雷斯，葡萄的栽培技术也就从近东传到了希腊[1](图 99)。拉丁语、希腊语和西闪米特语中的单词“酒”，都是各自从小亚细亚借用的。当时，葡萄栽培已经从不同途径传到了希腊和罗马。考古学证明，早期青铜时代的爱琴海地区就开始栽培葡萄，它可能经由克里特从叙利亚和埃及传入，但更可能还是通过小亚细亚传入。罗马人可能继承了约公元前 900 年从东地中海迁入的伊特鲁里亚人的葡萄栽培技术，后来的希腊殖民者(自约公元前 760 年)对意大利南部和西西里的葡萄园的发展也起了一定作用。

甚至从荷马时代起，希腊人就已经是狂热的葡萄酒爱好者。欧帕特利德斯(Eupatrids)是阿提卡的世袭贵族，同时也是王国中的葡萄园主。当雅典立法者梭伦进行改革剥夺了他们的权力后，葡萄酒贸易对阿提卡经济的深刻影响就变得显而易见了。在人口稠密地区，一个农场平均仅 10 英亩大小，除了种玉米外无法承担种庄稼的费用，因此人们不得不通过出口葡萄酒、橄榄油、无花果、陶器来支付谷物的进口费用。不过，在希腊城邦中只有阿提卡的葡萄园严重侵占了玉米用地，其他希腊城邦的玉米用地几乎恒定不变，葡萄园向森林和灌木丛生的山坡扩展。

1 事实上，狄俄尼索斯是分别由来自色雷斯和小亚细亚的两个神结合而成的，只是后来才成为酒神。

希腊殖民地的开拓和希腊葡萄酒的流传不断地进行着。约公元前600年，也就是马塞利亚（马赛）建立后不久，希腊殖民者开始向高卢的凯尔特人部落出口葡萄酒。在广阔地域内，青铜时代和早期铁器时代的酒器（两耳细颈的椭圆土罐）和有喙状嘴的青铜酒壶被发现，这表明葡萄酒沿着罗讷河和索恩河并穿过贝尔福大峡谷传到莱茵河上游。与葡萄酒一起流传的不仅有运酒、贮酒、调酒的容器，还有与饮酒有关的各种仪式。精美的陶制或青铜制容器（图407）如此深远地影响着“蛮族”艺术，以至留下“应将拉登文化的存在归功于凯尔特人的口渴”[48]的古话。

到公元前15世纪末，希腊的葡萄栽培开始工业化。职业葡萄酒商买进酒，装入印有自己标志的密封酒坛销往海外。北爱琴海地区的萨索斯岛还存在着这样的商贸规则，禁止在5月和6月的收获季节前



图99　酒神狄俄尼索斯的旅行。
根据一种传说，他将一伙前来进攻的海盗变成一大群海豚，手上拿了一个角制酒壶，继续他孤独但快乐的航行。取自公元前500年的一只阿提卡碗。

出售谷物。葡萄酒只能装在密封的酒罐里卖，且不允许萨索斯的船在希腊大陆的一些港口间运送外国葡萄酒。由于埃及当地的葡萄栽培不是很成功，希腊葡萄酒在埃及极受欢迎，都是从尼罗河三角洲的瑙克拉提斯进口。

据称，亚历山大大帝征服希腊之后，希腊文明的扩展（我们称之为希腊化）取决于葡萄栽培的自然限制。公元前128年，中国的张骞（Chang Ch'ien）在出使西方的途中，在巴克特里亚停留了一年，记载了葡萄酒是在费尔干纳和安息酿造的。事实上，这也是中国葡萄栽培的开端，因为当时种子被带回中国并由皇家种植[49]。

当亚历山大的后继者将大片新领土出产的葡萄酒倾销到他们固有的市场——遍及近东的许多新兴的希腊化城市时，他们也逐步损害了希腊葡萄酒的出口贸易。很多外国地区开始自己酿造葡萄酒，重要的黑海市场就是如此，不过他们还是会从希腊进口好酒。此外，亚得里亚海沿岸有利可图的市场被西西里的专制君主狄奥尼西奥斯（Dionysius）所分割，他开始让当地产的酒充斥市场。尽管大量的酒仍然海运到东方和意大利，但只有优质酒有望维持希腊的贸易。

随着公元前146年古罗马人统治的开始，希腊的葡萄酒贸易逐渐衰退，仅有几个小岛继续出口。但是，供出口的葡萄种植和酿酒已从希腊大地上消失。

(b)希腊人的葡萄种植和酿酒技术　我们没有关于早期希腊葡萄栽培的文献，因此只能推测它是由葡萄种植及酿酒者的经验和植物学家对理论研究的兴趣发展而来的。如果我们查阅第一篇关于葡萄种植和酿酒的文章，即亚里士多德（Aristotle）的学生埃雷苏斯的泰奥弗拉斯托斯（Theophrastus of Eresus，约公元前371—前287）写的那一篇，这个猜测似乎就能很好地成立。

泰奥弗拉斯托斯关于葡萄和葡萄栽培的评论将实践和理论相结合，并包含了很多第一手的观察资料[50]。他认为植物从土壤中获取生命

之泉且通过木髓汲取，并从这一理论推断出优质葡萄藤的插条生根的正确方法，以及种植的条件、土壤的多孔性、湿度和插条的护养方法。他不同意嫁接植物，但讨论了修剪的作用和方法。尽管他的植物生理学知识有不足之处，但他的见解大体都是正确的，与现代观点有很多相同之处，让我们感到2200年来葡萄种植及酿酒者的实际经验几乎没有提高。当然，这也表明希腊的天才们已经将葡萄栽培技术提升到了非常高的水平。

132

希腊的葡萄种植者不采用使葡萄藤像花饰一样悬挂在架子上的棚架，而这在埃及以及后来意大利的葡萄园中（藤架起源于此，第Ⅰ卷，图185）普遍采用。他们喜欢将葡萄藤平放在土壤表面，除非那里夏天太潮湿而需要略加支撑。因此，这些葡萄藤会遭到老鼠和狐狸的大量破坏。栽种低矮的葡萄节省投入，还能抵抗夏天的大风，但为防止杂草蔓延和松土，每一年需要仔细地锄地两到三次。在夏天，所有不需要的叶子都得剪去，以免过度蒸发。有时，人们使用绿肥或者在葡萄的行间种植蔬菜。通常情况下，在葡萄园里劳作的是妇女。

9月是收获葡萄的月份，成筐的葡萄放在踏板上。踏板通常是胶泥制的，但有时是金合欢木制的，它们被抬离地面并朝通风口方向斜靠着。收集到的第一道葡萄汁——特别是因葡萄自重而被挤压出的汁——尤其珍贵，如果密封良好，贮存很长时间也不会变质。第二道果汁由压力机榨取（边码113）。只有很穷的人才喝第三道汁，那是通过将葡萄渣与水混和甚至是加水煮，然后再榨取而成的。

133

一部分葡萄汁用醋处理后就可供消费了，但更多的葡萄汁则是贮藏在酒窖里的陶制大发酵桶里。在希腊世界，这些大口陶瓷桶［参见第Ⅰ卷，图252（A）］是常见的油、酒及其相似物的贮藏桶。木桶是北方的发明，起源至今不为人知。通常，大口陶瓷桶里里外外涂上沥青或树脂后被深埋到地下，这样的处理降低了陶瓷的透气性，使酒产生一种独特而优雅的风味，这是希腊松脂香味白葡萄酒的特点。大口

陶瓷桶非常高大（高达10英尺，口径达3英尺），内战后的雅典住房严重短缺时，很多市民都在里面睡觉，[51]其中包括哲学家狄俄古尼（Diogenes，公元前412—前323），传说他曾住在一只过时的陶瓷桶中。在6个月的发酵期中，要不断撇去液体表面的漂浮物。第二年春天，过滤后的葡萄酒注入皮囊或指定的细颈土罐中（图100），土罐的把手和塞子上印有商标、原产地和酿制年份。

酒的不稳定性是贸易中的主要困难。当时，由于人们不懂得用软木做塞子，所以无法彻底防止酒在贮存过程中发酵。因此，葡萄酒必须在3年或至多4年内饮用完。荷马描述了内斯特（Nestor）畅饮10年陈酿的情景，一位酿酒专家阿忒那奥斯（Athenaeus，约200年）提到过16年陈酿，但这些肯定是例外。专家们关注的一个问题是葡萄酒的酸度，他们尝试着用海水、松脂、沥青、树脂、白垩粉、石膏、石灰和芳草处理来加以纠正。希腊诗人有很多关于不同类型葡萄酒的话题，这些话题也被很多作者讨论过，特别是阿忒那奥斯，他提到过

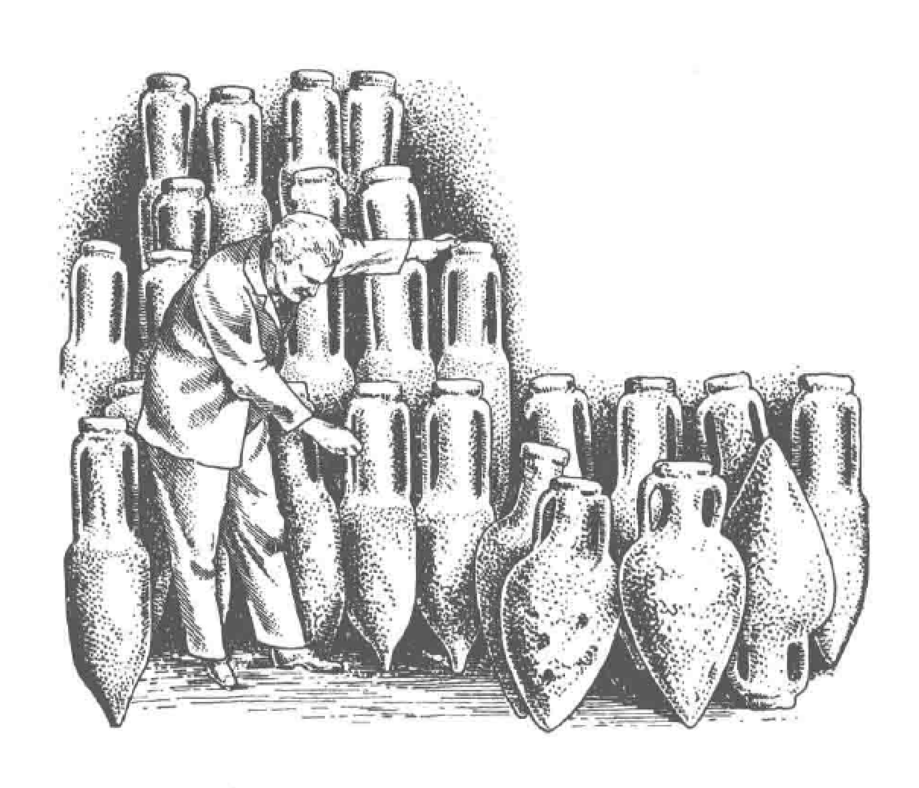


图100　希腊和意大利贮存酒的双耳细颈椭圆土罐。
这些土罐是从约公元前200年在马赛失事的货船里打捞上来的。

不少于85种类型的葡萄酒[52]。

酒商们检验样品时，习惯于将一块多孔布丁浸入其中一个大型广口陶瓷坛中，据此来评判酒味和香度。品酒者有时会将几滴酒滴落在手背上来品尝，如同检验橄榄油一样[53]。酒在酒店的柜台上售卖，人们从来不喝未经稀释的纯酒，一般总要掺水，宴会的主持人会要求将酒适当稀释。据说一些酒太烈，需稀释20倍。

(c) 罗马葡萄酒的生产 尽管意大利很多地方的土壤很适合葡萄栽培，而且确实很早就有一些人种植葡萄和酿酒，但这种酿酒技术直到约公元前200年才逐渐成形。据说在第二次布匿战争（公元前218—前201）期间，汉尼拔（Hannibal）和他的非洲军队用皮琴姆的酒清洗马匹，并砍倒坎帕尼亚区的葡萄园，罗马人为此非常恼怒。这次战争之后，罗马进口小麦的政策开始促进葡萄和橄榄种植面积的大量增加。

罗马剧作家普劳图斯（Plautus，公元前254—前184）认为，只有希腊酒还值得一提。然而，时代是不断变化的。不久，希腊的泰奥弗拉斯托斯和迦太基的马高（Mago）所著的葡萄栽培书便有了拉丁文译本，后者约从公元前146年开始出现。精选的葡萄插条进口后，意大利酒便开始标明酿制年份和产地，"欧皮米乌斯（Opimius）当选为罗马执政官之年"（公元前121年）就因为当年酿造的优质葡萄酒而闻名于世。少量细颈土罐一直存放到帝国时代，它们当时是鉴赏家们赞美的对象。公元前1世纪，意大利酒开始盛行。然而，希腊优质葡萄酒仍占有自己的一席之地，并被恺撒和卢卡拉斯（Lucullus）用来蒙蔽罗马的平民。每亩地的产量大约是880加仑优质酒，或者是两倍数量的低质量酒，通常每年的利润为投资资本的18%，酒商因此成为富裕而殷实的市民。每年国内要消费超过6.6亿加仑的葡萄酒，出口的则更多[54]。

当罗马的葡萄种植及酿酒者取代了希腊人之后，他们并没有吸取

历史的教训。公元前133年，罗马人征服了西班牙，当时西班牙的部落饮的是蜂蜜酒。然而，几代人以后，那里的葡萄栽培迅速发展，使西班牙酒成了意大利酒的有力竞争者。这种情况不仅出现在高卢、不列颠和日耳曼，甚至出现在东方[1]。意大利进口了大量西班牙酒，罗马奥斯蒂亚港150英尺高的泰斯塔西哥山上，绝大部分是西班牙酒坛的碎片。

面对这样的竞争，图密善皇帝（Emperor Domitian，81—96）试图禁止外省的葡萄栽培，甚至命令破坏高卢和西班牙的葡萄园[55]。但在帝国时期，免税酒对"面包与马戏"（*panem et circenses*）政策变得十分重要，使得统治者因害怕暴民起义而不得不容忍大量进口。在3—4世纪经济和政治危机期间，葡萄园被忽视了。意大利用酒交换多瑙河的奴隶、牛、兽皮和凯尔特人白银的日子，由此一去不复返。

（d）**葡萄栽培技术**　加图、瓦罗（Varro）和科卢梅拉（Columella）叙述了很多公元前2世纪和公元前1世纪葡萄种植和酿酒的细节，描述了葡萄园运转所需的劳力、用于拖运的牲畜和设备。普林尼的著作《自然史》其中一卷专门讲述这项技术，维吉尔、斯特拉博和其他人进行了补充[56]。

与希腊人的实践（边码132）相反的是，罗马人使用葡萄棚架，使葡萄藤攀缘在棚架上。有时人们还修整葡萄藤使其攀绕在树上，例如槭树或无花果树。在密植的葡萄园里，他们还普遍使用带有枝杈的栗树或柳树树干。在干旱的季节，树叶被用作肥料，有时还在葡萄藤中间播种谷物。通过葡萄核的颜色可以判断葡萄的成熟度。收获的第一茬葡萄的果汁最多，但第二茬葡萄可以酿出最好的酒，第三茬葡萄则最甜。在某些情况下，优质葡萄是最先单独采摘的。看来，如今在莱茵河流域葡萄酒的标签上出现的德文"*spätlese*"（意为晚摘的）和德

1　葡萄在罗马时期传入不列颠。葡萄藤曾在哈福德郡的博克斯摩尔（Hert Fordshire Boxmoor）一座罗马人的别墅附近发现。

文"*auslese*"(意为精选的)等术语，确实有悠久的历史。

罗马人认真调整与葡萄相适应的发酵条件。在坎帕尼亚，人们将酒坛露天放置。法勒纳斯酒是坎帕尼亚的一种非常有名的酒，最初的糖含量很高[1]，暴露在日光和空气中会快速地完全发酵。如果波谷的葡萄酒也如此发酵，可能早已变酸了。当时，酒贮藏在精心选址的建筑物中，因为人们已证实靠近粪堆和不恰当地靠近树将有损酒香。

从5月到7月，人们在刮起干燥的北风时打开发酵罐，将酒倒入细颈酒罐(容量26升)。为防止酒在贮藏期间进一步发酵，应将这个阶段的酒过滤后加热。这一最后处理的效果取决于温度，如果能有效地控制温度，将加速并彻底完成发酵，然后用与巴氏灭菌法类似的方法对酒进行灭菌处理。一些酒可以简单地暴露在阳光下，或放在一热水缸中进行不完全蒸发，尽管这样做会降低酒精含量。

其他处理方法包括用浓缩的甜味剂使其甜化(边码139)，并加入调味品，例如树脂、海水、香草、花，或一些诸如蛋白、石灰和石膏之类的提纯物。用于酿苦艾酒的苦艾，从黑海和阿尔卑斯山区进口，精馏酒——若不蒸馏几乎不可称之为烈酒——由甜味剂、香草和浆果制成。坛子上的标签包括酿制期、葡萄园、装坛日期、纯度、颜色、葡萄类型、生产者和酒窖的名称，以及酒坛的编号等信息。

136

酒坛的黏土塞子[2]用沥青、树脂或石膏密封。有时，酒坛本身也需涂上一层油来隔绝空气。运输时酒坛可能就是意大利长颈瓶(意大利红勤地酒瓶)的前身(图101)，它们用稻草编织的辫状物进行保护。优质酒偶尔装在玻璃器皿中出售。

木制酒桶是北方人献给罗马社会的一份礼物，尽管它已为古埃及人所知晓(第Ⅰ卷，图500)，制造情形可以追溯到欧洲晚期青铜时代的瑞士。铁器的使用极大提高了箍桶的效率，用暗榫将桶板围成桶形，

1 普林尼称这是唯一一点就着的酒。酒精浓度达到一定程度后，发酵就不再继续进行。

2 软木塞在当时偶尔使用。



图 101 用稻草包裹陶制酒坛，这一工作在一艘驳船里进行。其纤绳从右边的人的上方可见（参见图 102）。1 世纪。

并用铁箍加固的优质桶，在公元纪元开始时向南渗透（边码 100）。斯特拉博（约 21 年）是第一次提到这些“木制酒桶”的人，他说凯尔特人是优秀的箍桶匠，“因为他们的酒桶比房子还大！而且他们用优质沥青去涂抹这些酒桶（的缝隙）”[57]。不久，这种桶便在意大利普及（图 102，图版 3B），而且据说马克西穆斯皇帝（Emperor Maximus）用它们在阿奎莱亚附近建了一座桥。

137

技术的进步使罗马酒比希腊酒的贮藏期长得多。尽管酒的酿陈一般要 3—4 年时间，但某些酒的陈化期可达到或超过 10—15 年。

（e）葡萄在欧洲的传播 高卢原本是一个喝啤酒的国度，罗马人的入侵使它转变成为一个爱好葡萄酒的传统区域，还曾促使里昂以南的高卢地区——纳博讷斯省——生产二等葡萄酒。在贸易中心里昂，

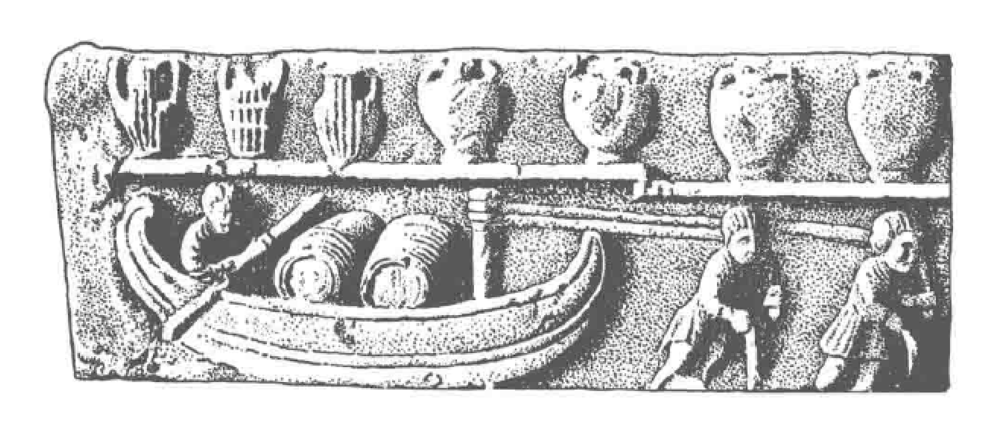


图 102 在罗讷河上拖拉一艘装有木制酒桶的货船。2 世纪。

实力强大的葡萄酒批发商与船长们成了盟友，操纵了与法兰西北部和日耳曼的进出口贸易。里昂的衰落从197年开始，当时它遭到了塞维鲁皇帝(Emperor Septimius Severus)的劫掠。与此同时，高卢全境开始用更科学的罗马方法生产更优质的酒。在3世纪，据说勃艮第的博讷红葡萄酒“有悠久的历史”。然而，波尔多和摩泽尔的酒确实比4世纪还要早几个世纪[58]。恺撒的罗马军团将葡萄栽培技术带到了莱茵河流域(图103)。

罗马帝国的灭亡和日耳曼部落、亚洲部落、穆斯林军队、北欧海盗的入侵，阻碍了葡萄栽培的发展。在英格兰南部、法兰西北部、斯瓦比亚和巴伐利亚东部，葡萄种植几乎消失殆尽。所有这些地区，在罗马时代都是种植葡萄的。中世纪的葡萄栽培，仅仅是古代技术的缓慢的重新发现。在很多地方，基督教徒有助于葡萄园的幸存，因为每一个教区都试图生产仪式用酒。西班牙、法兰西和日耳曼部分地区的教徒在皈依基督教前都喝起了葡萄酒，葡萄酒的复兴也得益于此。葡萄酒还是药用和医用处方的主要成分，因为酒掺入油后就是当时最好的有机溶剂。

蛮族入侵者没有完全摧毁葡萄园，他们很快就像查理大帝(768—814)和他的后继者那样，对从前罗马帝国用法令禁止他们饮用的葡萄酒产生了浓厚兴趣。9世纪，葡萄栽培又开始在沃尔姆斯和

138

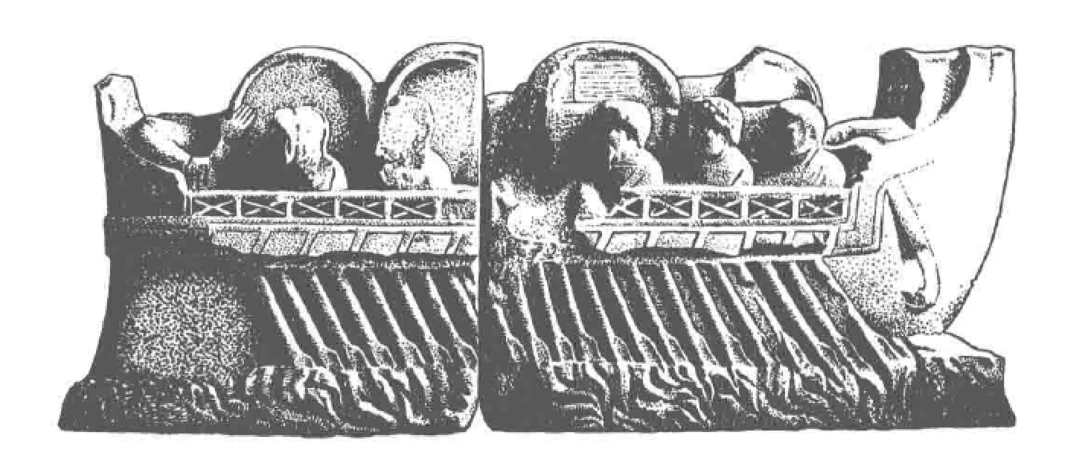


图103　莱茵河上载有许多桶酒的桨帆并用大木船。1世纪。

施派尔等地区繁荣起来，并沿着莱茵河传到了斯瓦比亚、弗兰克尼亚和图林根州（图 104）。到 1200 年，它已越过易北河传入奥得河中部地区。中世纪的时候，酿酒在英格兰、佛兰德斯和比利牛斯山脉达到了一定水平。英格兰酒当然很粗劣，与贫乏的盎格鲁－撒克逊食物相称。在法国谷物产量很少的地区，葡萄园得到了相当大的发展，特别是在西部。当时，寺院拥有的葡萄园远至莱茵河、摩泽尔、香槟和巴黎。



图 104 欧洲的葡萄种植及酿酒者。取自一本描绘 15 世纪纽伦堡一贫民窟居民的图片集。

在法国和德国，为了掩饰二等酒的味道、稀薄和粗劣，人们通常专门添加蜂蜜、香草或桂皮、撒尔维亚干叶或芫荽之类的香料。此外，未熟的青葡萄用来榨酸果汁[1]。这些地区采用了古代的方法。人们在 11 世纪的坎顿苏黎士的穆里修道院以及类似建筑物的契据上，发现了一套完整的建立在古代经验基础上的酿酒流程。葡萄园旁通常有柳树园，以提供柳条绳和桶箍。

在非洲海岸船只遭损待修复时，中世纪伟大的医生、学者和炼金术士阿纳尔德的维拉诺瓦（Arnald de Villanova，1235?—1311?）用拉丁文写了《酒》（*On Wine*）这本书，描述了药酒及其作用。1478 年，希恩克芬（von Hirnkofen）在这本书里增添了一篇用拉丁文写的关于葡萄种植及酒的生产和保存的文章，并将全书译成德文在埃斯林根印刷[59]，很快成了一本畅销书。通过在意大利和普罗旺斯的观察，与阿纳尔德同时代的彼得罗（Pietro dei Crescenzi，1233?—1320）

1 酸果汁，即未成熟水果的果汁，在当时常用于烹饪。

139 编写了一本内容更广泛的书。穆斯林历史学家和医生哈提卜（Ibn al-Khatīb, 1313—1374）是东方世界第一个公开赞美酒（1360年），并为其饮用辩护的人——至少是为基督徒和犹太人进行辩护。

除酿酒外，葡萄栽培还与甜味剂有关。当时很少有人知道糖，而且它是一种进口的偶尔药用的奢侈品。从葡萄中榨出的葡萄汁是当地产量丰富的蜂蜜替代品，罗马人能将它保存一年。为防止发酵，他们将浓缩的液体紧紧密封在坛子里并浸入冷水中。这些汁液可用脱水法浓缩，体积减少到原来的一半，这就是甜味剂（Defrutum）。有相当一部分葡萄汁是这样处理的，如同甜味剂一样，用来保藏橄榄和其他食物。

4.7 苹果酒、啤酒和烈酒

（a）**苹果酒和梨子酒** 除了大麦和葡萄外，其他植物也可以产出适于发酵的浓缩物，特别是苹果和梨，只是早期尝试常常因含糖量太低而失败。尽管史前欧洲种植过野生的梨和苹果，但没有从中生产出相当数量的酒精饮料。类似 *Pyrus malus* L 这种苹果的栽培经由地中海从东方传入，而且罗马人知道多种栽培方法。

在5世纪前，严格意义上的苹果和梨的栽培几乎没有开始。最早出现的用野果酿制的苹果酒和梨子酒，似乎是穷人的饮料。布列塔尼的圣格诺莱（St Guénolé of Brittany，414—504）为了自我惩戒，靠水和梨子酒为生，圣拉黛贡德（Ste Radegund，519—587）和圣赛戈莱尼（Ste Ségolène，活跃于770年）则只允许自己饮用未经稀释的梨子酒。另一种叫 *dépense* 的二级酿造酒，由切成薄片的苹果、葡萄和其他水果发酵而成。查理大帝在他的庄园管理中，提到过用不同种类的水果酿制发酵饮料的酿造师。

在巴斯克地区，苹果酒酿造业约在12世纪时成形。据称，更好的苹果和梨随着十字军东征传到了西方，不过有几种看来可能是从西

班牙传入的。诺曼底发展成为苹果酒酿造业的中心，这一产业在13世纪又从那里传到了英格兰。苹果酒很快成为农民和乡村居民特别喜爱的饮料，因为谷物通常过于昂贵和稀缺，舍不得用来酿酒。

(b) **啤酒** 把大麦制成麦芽是制造啤酒的基本程序。从公元前第三个千年(第I卷，边码277—281)起，美索不达米亚就已开始制麦芽了。但是，啤酒作为一种普通饮料，仅仅传到希腊化世界的克里特[60]，希腊人只知道它是一种野蛮人的饮料，因此很少饮用。然而，罗马历史学家塔西佗(Tacitus)的一段文字认为啤酒对他来说是一种奇怪的物品："[日耳曼人]饮用一种大麦或小麦的提取液，并且像葡萄汁一样，发酵成烈酒。"[61]罗马皇帝背教者尤里安(Julian the Apostate，361—363在位)在第一次饮用啤酒时，激动地写了一首讽刺啤酒可能会引起肠胃气胀的诗[62]。在希腊和意大利，人们对啤酒根深蒂固的厌恶一直延续到19世纪甚至更晚。

另一方面，啤酒在其近东故乡继续广受欢迎。在希腊化时期的埃及，酿酒商组成行会并为国家服务，国家对啤酒开始征税。在巴比伦、叙利亚和巴勒斯坦，啤酒贸易也很兴旺。据说，埃及潘诺普列斯的炼金术士苏西莫斯(Zosimos，约300年)曾写了一本关于酿酒的书[63]。

在中国，黍制啤酒在公元前几个世纪已经为人知晓，但还不能确定近东和远东文化交流中是否包括酿酒技术。大约在650年，啤酒——包括大麦啤酒和黍制啤酒——的酿造技术从唐朝传到吐蕃。

欧洲中世纪的酿酒业 在西方，凯尔特人先于埃及人知道了酿酒技术，这些技术可能是由希腊人和罗马人传授的。古代作者很少描述这些技术，除非他们使用大麦和小麦(酿酒)。"西方国家有用浸入水中的谷物酿制的酒类饮料，在高卢和西班牙有很多种不同叫法的酿酒方法，尽管其原理是相同的。西班牙行省的经验告诉我们，这些液体能很好地保存。"[64]在公元前1世纪，日耳曼部落学会了酿酒。

显然，凯尔特人也发现了用于发酵的酵母或啤酒酵母的用途。普林尼写道："高卢人和西班牙人为酿啤酒浸泡谷物时，将谷物表面形成的泡沫用作酵母，因此他们的面包比别人的更松软[65]。"

在古代社会，啤酒花藤的嫩芽是当作蔬菜来吃的，但这种作药用的植物主要种于药圃[66]。822年，科尔凡的修道院院长亚达尔海德（Adalhard of Corvey）让一些碾磨工匠从磨麦芽和啤酒花的义务中得到解放，这可能是文献中第一次将啤酒花和酿酒联系起来[67]。

141 直到中世纪，啤酒的味道才大致与现在啤酒的味道相似，因为当时啤酒花首先是作为调味品和防腐剂普遍使用的，尽管从普林尼那里我们已经知道啤酒花是伊比利亚啤酒的一种组分。从远古时代开始，多种香草和有香味的物质就被添加在酒精内用来调味和保藏，引入啤酒花是为了与其他几种物质相竞争，例如欧石南和一种中世纪德国叫*gruit*的混合物，这种混合物含有香杨梅、沼泽迷迭香、野迷迭香和欧蓍草。啤酒花含有树脂、啤酒花苦味素（它分解产生两种苦味化合物啤酒花烯和蛇麻酮，有调味和保藏的性能），还含有丹宁，有助于澄清啤酒。

尽管据说加入啤酒花的啤酒是859—895年间在巴伐利亚酿造出的，但最早明确提及它的文献只能追溯到12世纪神秘主义者宾吉的希尔德加德（Hildegard）的一段文字[68]。到13世纪，人们已经多次提及它。

啤酒花的栽培扩展到了日耳曼北部、波希米亚和佛兰德斯，在被引入400年后的14世纪，成为这些地方重要的商品。1304年，来自列日省和乌得勒支省主教的一封信抱怨说，含啤酒花的啤酒"市场竞争已经持续了三四十年"。一个世纪后，法国迪耶普的酿酒商从荷兰和英格兰进口啤酒花。因此，这种植物必定是在1400年前后传入英格兰的。15世纪前，英文文献中没有出现过"hoppe"这个单词[1]。亨

1 大约1440年，在普朗普托里姆（*Promptorium Parvulorum*），"hoppe"被描述为"sede for beyre"。

利八世(Henry Ⅷ)禁止在酿酒时使用啤酒花，禁令一直保持到其子爱德华六世(Edward Ⅵ)统治的晚期(1547—1553)。据说，含啤酒花的啤酒到1500年才赢得了统治地位，当时啤酒花的栽培以德国西部为中心。

(c)酒精和蒸馏　毫无疑问，含蒸馏酒精饮料的生产与作为一种化学操作的蒸馏的发展紧密相关。然而，酒精蒸馏所需的提纯仪器要比1世纪亚历山大城的炼金术士使用的更为精良(第21章)。蒸馏液必须用空气或水冷却，并且必须合理设计好下一个步骤。在古代，生石灰作为一种脱水剂与其他成分一起使用，例如食盐、硫磺和酒石，尽管它们的作用不是很清楚[69]。

现有的资料显示，酒精大约在1100年通过蒸馏被发现，有证据表明地点在意大利。意大利萨莱诺医学院是最重要的化学中心。含酒精的量足以燃烧的那部分通常称为火水，高度浓缩的酒精通常被定为烈酒，有时按纯度分类。

142

从12世纪起，炼金术士频繁地提及酒精及其提纯物[70]。据一位可能名叫卢尔(Ramón Lull)或卢利(Raymond Lully，约1235?—1315)的不知名的人记载，用生石灰将酒精蒸馏三次，能产出一种叫无水酒精的液体[71]。此外，阿纳尔德的维拉诺瓦给出了一种用香料和香草蒸馏酒制取甜酒的配方[72]。到15世纪，酒精作为一种可溶解香草香料菁华的物质已经广为人知。

最初，药剂师掌管着这种蒸馏甜酒的生产。到14世纪，药剂师与当地政府或大学密切联系，逐步获得了私人商店和实验室。当时，数量不断增加的葡萄酒生产商和小店主也开始生产这种饮料，尽管16世纪末药剂师和修道院是甜酒和香料、药品等酒精提取物的主要生产者(图105)，当然他们还专门生产含有香草和香料的药物。另一方面，很多修道院的药圃也是诸如察吐士酒和本尼迪克特甜酒的发源地。



图 105　1500 年的植物园，其中有很多种类的蒸馏器具。
烈酒的蒸馏。蒸馏器顶部高高的圆锥形的作用是用空气冷却蒸馏液。
出自布伦瑞克的《利勃蒸馏技术》(*Liber de arte distillandi*)，1512 年。

医生为与可怕的黑死病（1348—1352）和后来几次暴发性的瘟疫作斗争，开出了烈性酒这个药方，它至少给人以温暖和自信的感觉。受此促进，杜松子酒（与杜松的浆果一起蒸馏）和甜酒不久便成为啤酒和葡萄酒重要的竞争对手。意大利人喜爱的蒸馏饮料是葡萄干露酒，它是一种由葡萄干和据说是茅膏菜酿制的非常甜的甜酒。大约在 1332 年，对甜酒的欣赏及其生产秘诀由药剂师和蒸馏师从意大利传入巴黎，并从法国传遍整个欧洲。起初，人们极力糖化葡萄酒的酒精蒸馏液和浸渍的叶子、香草及香料，但后来出现了降低甜酒的甜度和

黏性的趋势。

在这些甜酒之后，白兰地（荷兰语，*brandewijn*，烧酒，即由葡萄酒蒸馏而来）传到了法国和德国。到 14 世纪末，它已遍及整个欧洲。当然，从 1360 年起，当权者们觉得有必要在乡镇采取强力措施来对付“荷兰烈酒魔鬼”（当时的德国文件有 *Schnapsteufel* 的字样）。针对酗酒、不守秩序行为日益严格的管理以及对酒精的重税，不仅没有抑制消费，反而刺激了消费。这种治安监管可追溯到 13 世纪。

143

早期的酒精是从葡萄酒中生产而来的。14 世纪，人们首先开始尝试从发酵的谷物中生产酒精。这对啤酒生产国很重要，因为它们当时不得不进口用以酿制白兰地的葡萄酒。蒸馏车间起初隶属于酿酒厂，但不久便开始与酿酒厂竞争，并且在掌握生产发酵大麦所需的酵母后开始独立。尽管一些斯堪的纳维亚国家试图禁止大麦酒精的生产，但他们没能成功抑制喜爱这一口味的人群的增长，因为这种酒比较便宜。

144

酒精被医生和药剂师用于医疗，这增加了对当局的压力，因为法律极大地被人们漠视。纽伦堡的一个城镇的法令（1496 年）写道：“由于本镇明显有很多人滥饮烈酒，镇议会郑重警告并强调从今往后，在星期天或其他政府节假日不得在房间、货摊、商店或市场内存放烈酒，甚至在本镇的街道上也不得用现金出售或消费。”

对世人提出警告或许是明智的，同一城镇的一个外科医师也这样做了。大约在 1493 年，他在一本小册子上写道：“由于目前几乎人人习惯了喝烈酒……他应当记住自己能走多远，并知道作为一个绅士应该喝多少。”[73]

相关文献

[1] Jasny, N. 'The Wheats of Classical Antiquity.' Johns Hopk. Univ. Stud. hist. polit. Sci., new series, Vol. 62, iii. Johns Hopkins Press, Baltimore. 1944.

[2] Yeo, C. A. *Trans. Proc. Amer. philol. Ass.*, **77**, 221–44, 1946.

[3] Pliny *Nat. hist.*, XVIII, xx, 86–87, 89. (Loeb ed. Vol. 5, pp. 244 ff., 1950.)

[4] Jasny, N. *Wheat Stud. Stanf. Univ.*, **20**, iv, 157, 1944.

[5] Pliny *Nat. hist.*,XVIII, xxviii, 108. (Loeb ed. Vol. 5, pp. 256 ff., 1950.)

[6] *Idem Ibid.*, XVII, xxix, 115. (Loeb ed. Vol. 5, pp. 256, 262, 1950.)

[7] Vickery, K. F. 'Food in Early Greece', p. 88. Ill. Stud. social Sci., Vol. 20, iii, 1936.

145

[8] Pliny *Nat. hist*., XVIII, xxvi, 102–4. (Loeb ed. Vol. 5, pp. 252 ff., 1950.)

[9] *Idem Ibid.*, XVIII, xii, 68. (Loeb ed. Vol. 5, pp. 232 ff., 1950.)

[10] *Idem Ibid*., XVIII, lxxii, 298. (Loeb ed. Vol. 5, p. 376, 1950.)

[11] Maurizio, A. 'Histoire de l'alimentation végétale depuis la préhistoire jusqu'à nos jours', French trans. by F. Gidon, p. 388. Payot, Paris. 1932.

[12] Polybius I, 22. (Loeb ed. Vol. 1, p. 60, 1922.)

[13] Barthelemy, R. E. *Min. & Metall., N. Y.*, **19**, 244, 1938.

[14] Rostovtzeff, M. I. 'The Social and Economic History of the Hellenistic World', Vol. 1, p. 176, and Pl. xxv. Clarendon Press, Oxford. 1941.
Oppenheim, M. von. 'Tell Halaf', trans. by G. Wheeler, p. 206. Putnam, London. 1933.

[15] Childe, V. Gordon. *Antiquity*, **17**, 19, 1943.

[16] Ovid *Fasti*, VI, 318, 470. (Loeb ed., pp. 342, 354, 1931.)
Varro *De re rustica*, I, 55. (Loeb ed., p. 290, 1934.)

[17] Cato *De agri cultura*, XI, 4. (Loeb ed., p. 26, 1934.)

[18] Virgil *Moretum*, lines 19–29. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 452 ff., 1918.)

[19] Jacobi, H. *Saalburgib.*, **3**, 81 ff., 1914.

[20] MS. Lat. Munich 197, fols 18b, 42b.

[21] Blümner, H. 'Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern', Vol. 1 (2nd rev. ed.), p. 337. Teubner, Leipzig. 1912.

[22] Pliny *Nat. hist.*, VII, lvi, 199. (Loeb ed. vol. 2, p. 640, 1942.)

[23] Drachmann, A. G. *K. danske vidensk. Selsk. archaeol.-kunsthist. Medd.*, **1**, i, 7, 1932.

[24] Robinson, D. M. and Graham, J. W. 'Excavations at Olynthus', Part VIII: 'The Hellenic House', p. 338. Johns Hopk. Univ. Stud. Archaeol., no. 25. Johns Hopkins Press, Baltimore. 1938.

[25] Vickery, K. F. 'Food in Early Greece', pp. 58, 59. Ill. Stud. social Sci., Vol. 20, iii, 1936.

[26] Evans, Sir Arthur (John). *Annu. Brit. Sch. Athens*, **8**, 10, Session 1901–2.
Bosanquet, R. C. *Ibid.*, **8**, 306, Session 1901–2.
Dawkins, R. M. *Ibid.*, **11**, 276, Session 1904–5.

[27] Pliny *Nat. hist.*, XVIII, lxxiv, 317. (Loeb ed. Vol. 5, pp. 386 ff., 1950.)

[28] Cato *De agri cultura*, x-xiii; xviii-xix. (Loeb ed. pp. 26 ff., 32 ff., 1934.)

[29] Hero *Mechanica*, III, ii, 13–21. (Arabic ed. and French trans. by Bernard Carra de Vaux, *J. asiat.*, neuvième série, **2**, 499, 1893.)

[30] Pliny *Nat. hist.*, XV, ii, 5–6. (Loeb ed. Vol. 4,p. 290, 1945.)

[31] Drachmann, A. G. *J. Hell. Stud.*, **56**, 72, 1936.

[32] Hamilton, R. W. *Quart. Dept. Ant. Palest.*, **4**, 111, 1935.

[33] Mau, A. 'Pompeji in Leben und Kunst' (2nd ed.), Pl. ix and fig.185. Engelmann, Leipzig. 1908.

[34] Ovid *Fasti*, VI, 315. (Loeb ed., p. 342, 1931.)

[35] Pliny *Nat. hist.*, XVIII xxix, 112–16. (Loeb ed. Vol. 5, pp. 260 ff., 1950.)

[36] Riddell, W. R. *Med. J. Rec.*, **134**, 247, 1931.

[37] Hoops, W. *Forsch. Fortschr. dtsch. Wiss.*, **23**,

35, 1947.
Idem . 'Geschichte des Ölbaums' , *S. B. heidelberg. Akad. Wiss.*, phil.- hist. Kl. 1942–3, no. 3, 1944.

[38] Blümner, H. 'Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern' , Vol. 1 (2nd rev. ed.), p. 332. Teubner, Leipzig. 1912.
Dalman, G. 'Arbeit und Sitte in Palästina' , Vol. 4: 'Brot, Öl und Wein' , pp. 206, 221. Schr. des Deutschen Palästina-Inst., Vol. 7. Bertelsmann, Gütersloh. 1935.

[39] Holmes, U. T. 'Daily Living in the Twelfth Century' , pp. 87–92, 113–14. University of Wisconsin Press. Madison, Wisc. 1952.

[40] Coulton, G. G. 'The Medieval Village' , pp. 113, 236, 278, 310. Cambridge University Press, London. 1925.

[41] Gower, John. "Mirour de I' omme" , lines 26449 ff., in 'Complete Works', ed. by G. C. Macaulay. Vol.: 'French Works' , p. 293. Clarendon Press, Oxford. 1899.

[42] Boëmus (Beham?), Johannes. *Omnium gentium mores, leges, et ritus*, III, 12 (fol. LVI). Grimm and Wirsung, Augsburg. 1520. The work was translated into English and supplemented from other sources by Edward Aston. 'The Manners, Lawes and Customes of all Nations.' Eld, London. 1611.

[43] Langland, William. 'Piers Plowman' , pp. 112–17. Dent, London. 1912.
Chadwick, D. 'Social Life in the Days of Piers Plowman' , p. 59. University Press, Cambridge. 1922.

[44] Maurizio, A. 'Histoire de I' alimentation végétale' , French trans. by F. Gidon, pp. 426 ff. Payot, Paris. 1932.

[45] Baudet, Florence E. J. M. 'De Maaltijd en de Middeleeuwen.' Sijthoff, Leiden. 1904.

[46] Filby, F. A. 'A History of Food Adulteration and Analysis.' Allen and Unwin, London. 1934.

[47] 'Calendar of Letter- Books... of the City of London' , ed. by R. R. Sharpe. 'Letter-Book D' , fol. 86 (p. 196). Corporation of the City of London, London. 1902.

[48] De Navarro, J. M. *Antiquity*, **2** , 423, 1928.

[49] Laufer, B. 'Sino- Iranica' , pp. 220–45. Field Mus. Nat. Hist. Publ. 201. Chicago. 1919.
Huber, E. *Umschau*, **31** , 530, 1927.

[50] Theophrastus *De causis plantarum*, III, xi–xvi. (Ed. F. Wimmer, with Latin trans., pp. 231–36. Firmin- Didot, Paris. 1931.)
Senn, G. *Gesnerus*, **1** , 77, 1944.

146

[51] Aristophanes. 'The Knights' , line 793. (Loeb ed. Vol. 1, p. 200, 1924.)

[52] Athenaeus *Deipnosophistae* , I, 26–34. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 112–50, 1927.)

[53] Immerwahr, H. R. *Trans. Proc. Amer. philol. Ass.*, **79**, 184–90, 1948.

[54] Remark, P. 'Der Weinbau im römischen Altertum' , pp. 10 ff. Heimeran, Munich. 1927.
Dalmasso, L. 'La viticultura ai tempi dell' Impero romano' , pp. 3–5. Quaderni dell' Impero. Le scienze e la tecnica ai tempi di Roma imperiale no. 7. Istituto di Studi Romani, Rome. 1941.

[55] Suetonius *Vitae XII Caesarum. Domitianus*, VII, 2. (Loeb ed. Vol. 2, p. 352, 1914.)

[56] Cato *De agri cultura*, x. (Loeb ed. pp. 25 ff., 1934.)
Columella *De re rustica*, v and vi.
Pliny *Nat. hist.*, XIV,. (Loeb ed. Vol. 4, pp. 186–284, 1945.)

[57] Strabo V, C 218. (Loeb ed. Vol. 2, p. 232, 1923.)

[58] Pliny *Nat. hist.*, XIV, iv, 27. (Loeb ed. vol. 4, p. 202, 1945.)
Ausonius *Epistolae*, no. 18. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 24–25, 60, 1921.)
Idem Mosella, lines 21, 160. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 226, 236, 1919.)

[59] Villanova, Arnaldus de. *Tractatus de vinis*. (Trans. by H. E. Sigerist, 'The Earliest Printed Book on Wine.' Schumann, New York. 1943.)

[60] Evans, Sir Arthur (John). 'Palace of Minos' , Vol. 1, p. 415. Macmillan, London. 1921.

[61] Tacitus *Germania*, xxiii. (Loeb ed. p. 296,

1914.)

[62] *Anthologia Graeca*, IX, 368. (Loeb ed. Vol. 3, p. 201, 1917.)

[63] Gruner, C. R. *Zosimi de zythorum confectione fragmentum* . Sulzbach. 1814.

[64] Pliny *Nat. hist.*, XIV, xxix, 149. (Loeb ed. Vol. 4, p. 284, 1945.)
Diodorus V, xxvi, 2. (Loeb ed. Vol. 3, p. 166, 1939.)
Strabo III, C 155. (Loeb ed. Vol. 2, p. 74, 1923.)

[65] Pliny *Nat. hist.*, XVIII, xii, 68. (Loeb ed. Vol. 5, pp. 232, 234, 1950.)

[66] *Idem Ibid.*,XXI, xlix, 86 (*lupus salictarius*). (Loeb ed. Vol. 6, p. 222, 1951.)
Martial V, lxxviii, 21 (*lupinus*). (Loeb ed. Vol. 1, p. 350, 1920.)

[67] Adalhard, Abbot of Corvey. *Statuta abbatiae Sancti Petri Corbeiensis* , I, 7. (*Pat. Lat* ., Vol. 105, col. 542.)

[68] Hildegard of Bingen. *Physica*, III, 27. (*Pat. lat.,* Vol. 197, col. 1236.)

[69] Forbes, R. J. 'A Short History of the Art of Distillation.' Brill, Leiden. 1948.

[70] Albertus Magnus. *De mirabilibus mundi*, bound with *De secretis mulierum libellus*, &c. Iodocus Iansson, Amsterdam. 1648.

[71] Lull, Ramon. *Testamentum novissimum* in *Libelli aliquot chemici*, pp. 1 ff. Petrus Perna, Basle. 1572.

[72] Villanova, Arnaldus de. *Tractatus de vinis.* (Trans. by H. E. Sigerist, 'The Earliest Printed Book on Wine.' Schumann, New York. 1943.)

[73] Folz, Hans. 'Wem der geprant Wein nutz sey oder schad, un wie er gerecht oder falschlich gemacht sey. ' Ayrer and Pernecker, Bamberg. 1493.

第5章　皮　革

约翰·W. 沃特勒（JOHN W. WATERER）

5.1　生皮的处理

人类开始使用毛皮可以追溯到旧石器时代（图106），但是具体的时间地点以及如何把僵硬的、易腐烂的生皮制成柔韧的、几乎不腐烂的皮革却不得而知。第一步可能是把还带有油脂和脑髓的干涩、粗糙的皮张进行软化，这是稍后诸如羚羊皮、水牛皮之类的制作工序的基础。早期要完成的另一项工作是拔毛。如果生皮已经开始腐烂，那么附着毛发的外层皮肤或表皮就会开始从生皮或真皮上松开，在真皮受损伤之前要把它刮净。人们当然知道，湿热会加速腐烂，在这方面北极地区的人也效仿着给皮张涂上油脂，抹上唾液，然后拿来当枕头用。处理绵羊皮也采用了一种类似的方法，即把它置于温暖、潮湿的地方使其发酵脱毛。



图106　皮革“裤”和皮革“裙”。出自旧石器时代前期，西班牙特鲁埃尔和马萨莱昂附近的埃尔斯西肯洞穴，以及莱里达附近的科古尔洞穴的壁画。

旧石器时代的遗址曾出土过

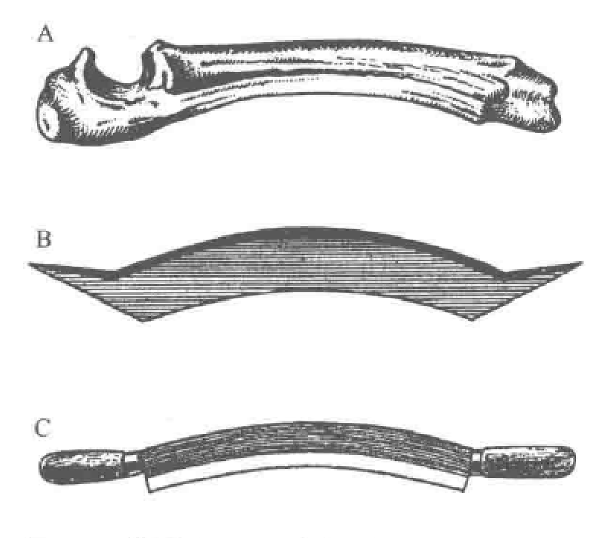
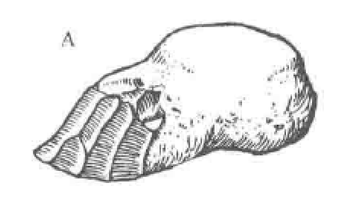


图 107　削刮毛皮上毛发的刮刀。
(A) 旧石器时代刀刃锋利的骨制刮刀；
(B) 在庞贝城发现的铁制刮刀（公元前 79 年前）；
(C) 现代钢制刮刀。

刮皮用的骨制工具，表明它们当时曾被使用过。其中一些工具是弧形的，使人联想到皮张刮皮时是覆在树干上的，这类似于晚些时候制革工人用的圆木。

如此看来，这种远古骨制工具的样式传承至今，古代和现代的皮张脱毛刮刀都同样是弧形的（图 107）。已经发现了许多种石制的刮刀，从最原始的类型到奥瑞纳文化时期的“平面刮刀”（图 108），但有些刮刀可能用来清除脂肪或脑髓，或用来像处理海豹皮那样挤出剩余的油。在古埃及坟墓中，发现的皮革制品里有油鞣革。

在干燥的环境下，未经处理的生皮和原料皮不容易腐烂，所以在适宜的气候下这么做常常很有效果，然而人们却发现仅有少量古



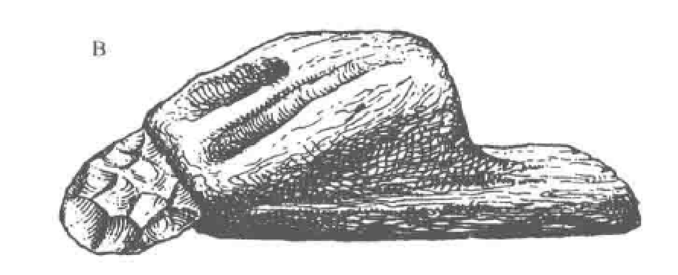


图 108　平面刮刀。
(A) 旧石器时代，出自多尔多涅；(B) 现代爱斯基摩人的带有可移动刀片的工具。

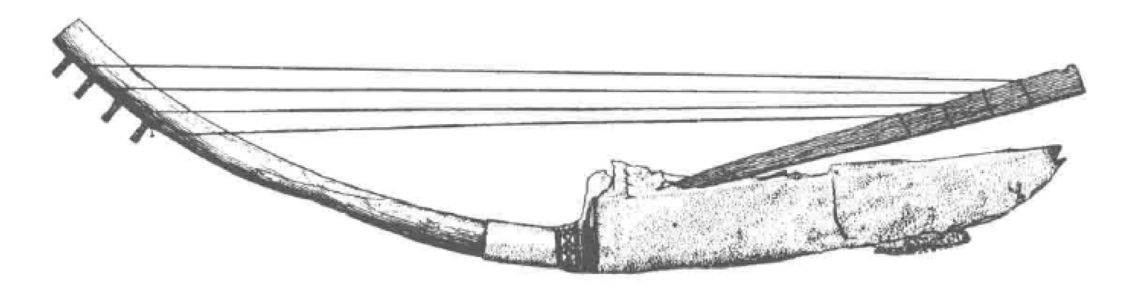


图 109　埃及竖琴。琴把上蒙着生皮。约公元前 1250 年。

埃及生皮物品是完整无缺的。其中有一只第十二王朝(？)的被塑造成矩形的容器，上面留有用来悬挂的孔洞。还有一把四弦竖琴(公元前1250年)，琴把上蒙着生皮(图109)。



图110 皮罐。出自埃及王朝前的努比亚人的墓穴。

在生皮又潮又黏时，可以毫不费力地利用实心模或潮湿沙模使其成形，这种做法普遍用于制造各种容器。在塔西文化时期莫斯塔戈达的盘状坟墓中(可能早在公元前4000年)，发现了各种形状的黏土，人们猜想生皮罐就是蒙在这上面制成的。迄今没有证据表明埃及曾经使用过这种方法，然而它在苏丹、撒哈拉、阿比西尼亚、印度，以及东方的一些其他国家仍在使用，这样制作的皮革制品在干燥条件下极其坚硬(图121)。

148

纤维状皮层也称真皮，是兽皮或毛皮[1]的中间层，制革工人必须把它制成皮革才能保存。它由又长又细的胶原纤维构成，20—50根胶原纤维集聚成束形成皮纤维，这些皮纤维之间由错综分布的网状组织维系成纤维束(图版4)。由此看来，真皮是兼具韧性和强度的结构复杂的组织。真皮上面是表皮，表皮上长有毛和绒毛，制革时必须先去除表皮，真皮下面的皮下组织、脂肪和肌肉也必须去掉。人们猜测制革工人已经掌握了应该留下或去掉哪些部位的方法，并且流传了很长时间。在古代，屠杀动物后可以马上把生皮和原料皮制成皮革，生皮交易很快发展起来。

把易腐烂的生皮制成真正的皮革需用鞣剂彻底渗入皮张，最早的鞣剂就是油脂。处理方法是把皮张在地上展开，用骨制或燧石制的钝工具或刮刀将鞣剂涂抹在皮张上(图111)。荷马(Homer)描写过

149

1 按照贸易惯例，“兽皮”只是指马、水牛、牛等较大动物的毛皮，而“毛皮”则是指小牛、猪、山羊和绵羊等较小动物的毛皮。

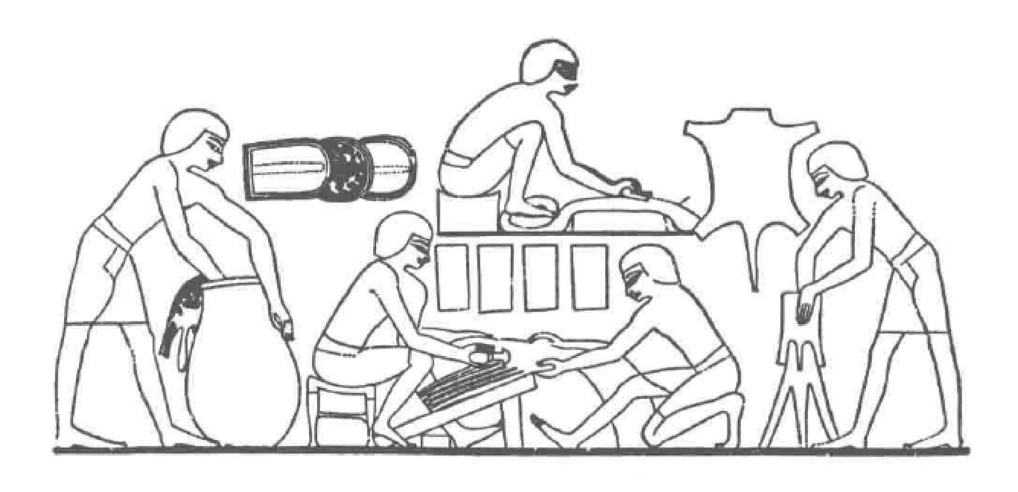


图 111　埃及皮革工人。
(从左至右) 在罐中整理豹皮；用半月形刀脱毛；磨光毛皮；在“木架”上将皮张摊开；罐旁可见蒙着毛皮的盾状物。出自底比斯的雷克马尔墓，约公元前 1450 年。

生皮鞣制的情形，几个男人拽起毛皮的边角，然后用力朝各个方向拉[1]。现代制革工人则把生皮堆积起来，熟练地把防水油(鳕鱼肝油和动物脂)涂抹到皮革的两侧。当生皮完全被浸透时，把它们逐一摊放在长椅子上，用石制的或玻璃制的钝刮子磨平皱折，并且去除多余的防水油，使其表面光滑。

处理毛皮最早的方法无疑是烟熏，这种方法类似于制作烟熏肉。现在，爱斯基摩人和北美印第安人仍然用烟熏处理毛皮。爱斯基摩人事先要咀嚼毛皮使它软化，年老妇女的牙齿常常因此磨损到齿龈。北美印第安人把油鞣法和烟熏法结合起来，制得保持时间更长的柔软皮革。

人们较早就知道盐可以做防腐剂(第 I 卷，边码 256)，无疑曾将盐用于兽皮和毛皮。使用盐腌或晾晒这些古老的方法，可以控制或延缓生皮腐烂，今天人们则使用各种防腐剂。

明矾的使用也较早(边码 367 起和第 I 卷，边码 262)。用明矾鞣制生皮称作硝制，可制得一种白色的硬质皮革，把它放在弯曲的钝缘上磨擦可使之软化，埃及古墓中的绘画对此进行过描绘(图 111)。鞣制皮革在古代和中世纪的时候曾广为流传，现在已经复原了许多来自

150

古埃及王朝甚至更早期的鞣制皮革物品。埃及最早的凉鞋（图 112）是白色的，但是较晚期的凉鞋和其他物品则是黄色、绿色和更为罕见的蓝色，据推测是用明矾鞣制的。

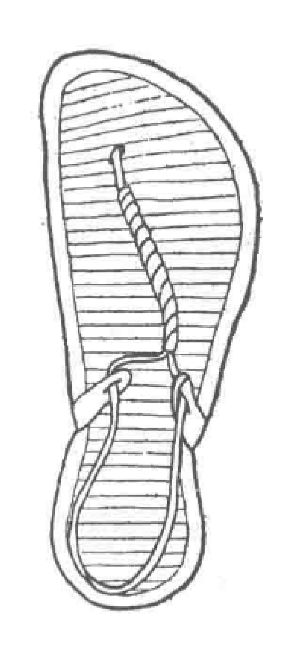


图 112　在巴拉比西发现的鞋形草图。公元前第二个千年。

已经证实，亚述、巴比伦、腓尼基和印度使用鞣制皮革都较早。希腊人用它做鞋面，罗马人称它为精制软革，用于很多方面。恺撒（Caesar）提起过，高卢[2]的威尼斯人的帆是用精制软革制成的。汉堡附近施塔德出土的新石器时代的刀鞘用绵羊皮革制成，通过分析皮革的内层了解到，当时已经使用了鞣制法。另有迹象表明，这一地区在使用金属之前就已知道了这种方法（图 119）。

8 世纪，在被摩尔人征服之后，西班牙曾出现了一项重要的发明，那就是科尔多瓦皮革（“科尔多瓦皮”）。外来技艺和本土技艺相糅合，制造出了具有独特性状的高品质皮革，由此誉满欧洲。科尔多瓦皮革的原料取自摩弗伦羊皮，这种粗毛羊“角长得像公山羊，毛皮则像雄鹿”，现在仅幸存于科西嘉岛和撒丁岛。除此之外，几种“西班牙皮革”用不同方法预处理，其中包括漆叶鞣制和明矾硝制。还有一种皮革经过镀银或镀金处理再进行压纹，但最获好评的是一种夺目的猩红色皮革，据信是先用明矾硝制，然后用胭脂染色制得的（边码 366，第 I 卷，边码 245）。

后来，制作西班牙皮革的秘方被泄露，它的加工方法从其发源地传遍了全欧洲。起初，科尔多瓦皮革被制成各种各样的器皿，但到了中世纪早期，皮制鞋类在贸易中占有了很大的比重，科尔多瓦皮革慢慢地不大用于制造其他物品而专门用于制鞋。从挪威和丹麦进口的山羊皮主要用于制造西班牙皮革，它一直用到了 18 世纪，不过自那以后它的性质发生了改变。虽然西班牙皮革仍然主要用山羊皮制成，但

151

是现在仅用漆叶硝制，用油磨光。

保存生皮最重要的方法就是利用鞣酸的化学性质。人们对这种方法的起源仍然不清楚，可能是因为把生皮浸入含鞣酸的森林池塘中偶然发现的，也有可能是因为尝试用蔬菜汁给生皮染色而发现的。实际上，在15世纪从地中海东部地区引入漆树以前，栎树皮和栎树虫瘿一直是西部地区唯一的鞣酸来源。巴比伦和赫梯的碑铭曾提到过栎树林，栽培它大概是为了做鞣皮原料。

古埃及和中东地区的鞣皮工人一直在使用栎树虫瘿，它是昆虫把卵产在栎树墩里形成的。这种球形突起或虫瘿中的鞣酸含量比栎树皮更高。普林尼（Pliny，卒于79年）[3] 曾提到过“阿勒颇的绿色树瘿坚果”，它最适宜做皮革的调制品，是一种重要的出口商品。在埃及，金合欢树的荚果也是罗马时期的鞣革原料，很像坚硬的石榴皮，有时也称它为皮革苹果[1]。另外，普林尼还说漆树是“制革工人的植物”[4]，显然巴比伦人都知道它。

有时，人们把两种或多种不同的方法结合起来。埃及的一些碑铭和绘画中记载着，把明矾鞣和油脂鞣皮的方法结合起来，很适合处理制鞋的皮革。巴比伦人的秘方也可以认为是一种杂交的鞣皮法：“用黄色山羊的奶和面粉涂在小山羊毛皮上，然后再涂上纯油脂……在压榨出的葡萄汁里稀释明矾，然后把表面填满赫梯人种的树瘿坚果［大概是液体形式］。”[5] 为了得到优质皮革，诸如油类、油脂、蛋黄、面粉等润滑剂仍然在使用。今天在巴格达，毛皮先涂上明矾，然后用树瘿坚果和脂肪进行处理。

152 制作皮革的第一步是洗净毛皮，通过浸泡使它们软化。早期发明的某种“支架”需要连续地用力捶打毛皮，因而经常会带来损伤（图113）。腐烂使表皮变得松疏，可以连同毛发一起被刮掉。让生皮潮湿会使细菌活跃起来，因而很容易把表皮去掉，这也是早期的一个发现。

1　普林尼可能把它的两种用法，即用来硝皮和作为一种黄色染料，给弄混了。

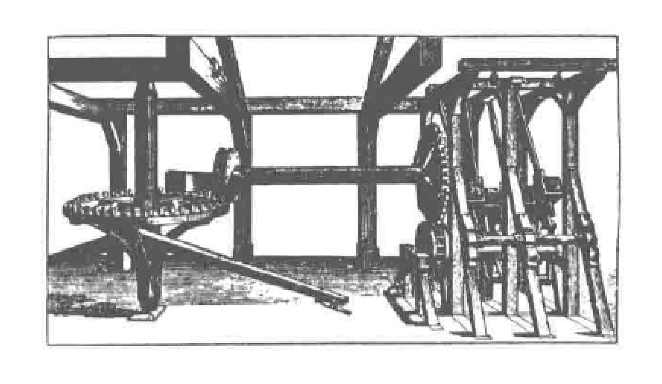


图 113 18 世纪油鞣麂皮用的支架。出自狄德罗（Diderot）的《百科全书》(*Encyclopédie*)。

用石灰疏松毛皮的发明时间和原因并不清楚，但显然中世纪时已在使用。石灰的另一个重要作用是能使毛皮膨松，从而便于毛皮上抹的鞣皮材料渗入。用石灰处理时，毛皮要经过一系列由熟石灰制得的液体的浸泡，这样的事先处理让毛皮变得有柔性了。

为了刮掉表皮和皮毛，需要把它覆在圆木（一段树干）上，使用一种古代很有名的凹弧形钝口工具（图 107、图 114)。类似的方法还可以刮掉附在皮张上的肌肉，但要改用锋利的凹弧形刮刀。为了把皮毛或皮张光面残存的毛、外皮和其他杂物碎屑除干净，也要把皮张覆在圆木上，用凹弧形钝刀强行把这些残存物从毛皮上刮下来。使用这种相对较晚的工艺，可以制得更好、更完美的皮革。

迄今为止，所有的兽皮和毛皮都依照大致相同的方法进行处理。然而，由于某种原因，衣服、袋子和钱包之类的皮制品需要特别柔软而有弹性。于是，人们通常把毛皮浸入家禽或鸽子的凉粪中，或用温热的狗粪处理，从而使毛皮软化且富有弹性。这样产生的化学反应和细菌的作用除去了石灰，溶解掉了不必要的蛋白质，只剩下疏松的外皮。通过触摸可以判断反应所达到的程度，操作完成后便进行刮面。由于毛



图 114 刮掉牛皮上的毛。
安曼（Jost Amman）创作的木版画，1568 年。

皮颜色的品质和均匀度很重要，在清洗及用糠发酵制得的弱酸溶液浸泡时，应注意除尽石灰和其他杂质。

硝制过的牛皮厚 4—6 毫米。为了制得更薄的皮革，例如用作钱箱包面、鞋面或者宽口袋边的皮革，硝制后的毛皮要摊开，用一种样式古怪的古代制革工人用的刀进行削刮（图 115）。这种工具是把韧性钢制的刀身磨光并两边开口，然后用一种特殊器械将刀口翻转，与刀身成 90°，它甚至可以把软兽皮上的薄废屑去掉。今天的分离机可以把生皮水平分割出两层或更多层，每一层都可利用，这样就避免了刮削所造成的浪费。

到 11 世纪，有关皮革制造的早期发明和实践已经发展成一套相当完善的技术。从那时到 19 世纪，制作皮革的原理没有任何改变，只是在具体方法上有一些不同。它仍然保留着三种基本制作法：(a) 用油处理，即油鞣；(b) 矿物（明矾）处理，即硝皮；(c) 植物处理或鞣革。无论使用哪一种方法，还是几种方法结合起来使用，目的都是保护纤维结构免受破坏。毕竟，皮革的主要特性都依赖于纤维结构是否保存完好，这样做也可减缓毛皮中的蛋白质在潮湿环境中的分解速度。

现代油鞣同用植物和矿物处理方法所产生的效果是一样的，经过化学作用，纤维本身不溶解，并且永远没有黏性。中世纪时，使用油或脂肪的氧化产物来诱发这种效果，由此制得的皮革既柔软又坚韧。这种典型的含油皮革最初由欧洲水牛或野牛的毛皮制得，表面呈丝绒状，具有特有的浅黄色，至少早在 13 世纪就用于制作战服，16—18 世纪普遍用来做防护外衣。在现代的方法中，主要是把由绵羊皮分离出的薄皮层制成麂皮革或软革。

油鞣是一种重要的油氧化法，它的历史并不清楚。不管最初人们如何将麂皮同油鞣联系起来——很难得到的麂皮从来就不是一种普通的东西，但油鞣早就用于以油为主的皮革处理中。这种方法可能是

基于早期用油脂软化皮革的实践，那时的操作可能不仅使皮张纤维分离、脱水和产生防水薄膜，同时某种程度的氧化还可以起到一部分鞣革作用。

硝制现在已经绝迹了，然而在中世纪时它相当重要。用明矾单独处理后，能够制得一种僵硬的、“中空的”、有缺陷的皮革。为使这样的皮革软化，需要用木桩撑住或用人工拉伸，并用一种钝口铲刀或圆形搓板来拍打它（图 115）。后者带有锋利的卷边，如同制革工人的刀（边码 153），也用来削薄毛皮。大多数情况下，在明矾中加入约相当其重量一半的普通食盐，这样形成的混合溶液可以用来制得优质皮革，但它仍缺少某种性能。为此，人们摸索出一些方法去填补中空的皮革并赋予防水性能。一种方法是把皮革浸泡在含有明矾、盐、蛋黄、面粉和油的面糊状混合物的浅盆中，用脚不断踩揉，接着晾挂几个星期，在皮革尚潮时放在篱笆上继续踩软（图 115），最后用木桩撑起来。

155

1593 年，在一份批准一个名叫达西（Edmund Darcy）[6] 的人去执行“皮革的细查和盖检验印”——皮革销售行会声称有这项权力——的文件中，有一份数据清单[7] 显示在英国明矾和油类加工联系相当紧密，所有的重要皮革都是用这两种方法或两者结合的方法处理的，人们认为它们属于硝制法。价格表上的数字说明，白色硝制皮革是用绵羊、山羊、鹿、小牛、马和狗的毛皮制得的，含油的皮革是用野牛、岩羚羊、绵羊、“上好的西班牙毛皮”（可能是欧洲盘羊）、海豹、鹿和小牛的毛皮制得的。这份表格也说明，科尔多瓦皮革最初就是一种矾鞣皮革（边码 150），有的含有油膜，有的没有油膜，在它的制作过程中，油已经全部或部分地代替了明矾。皮革行业公会也用白色硝制品来制备皮革。为了让带毛的一面保存完好，这种方法把毛皮拉伸固定在框架中，然后用明矾和盐溶液反复擦拭与肌肉相连的那一面。

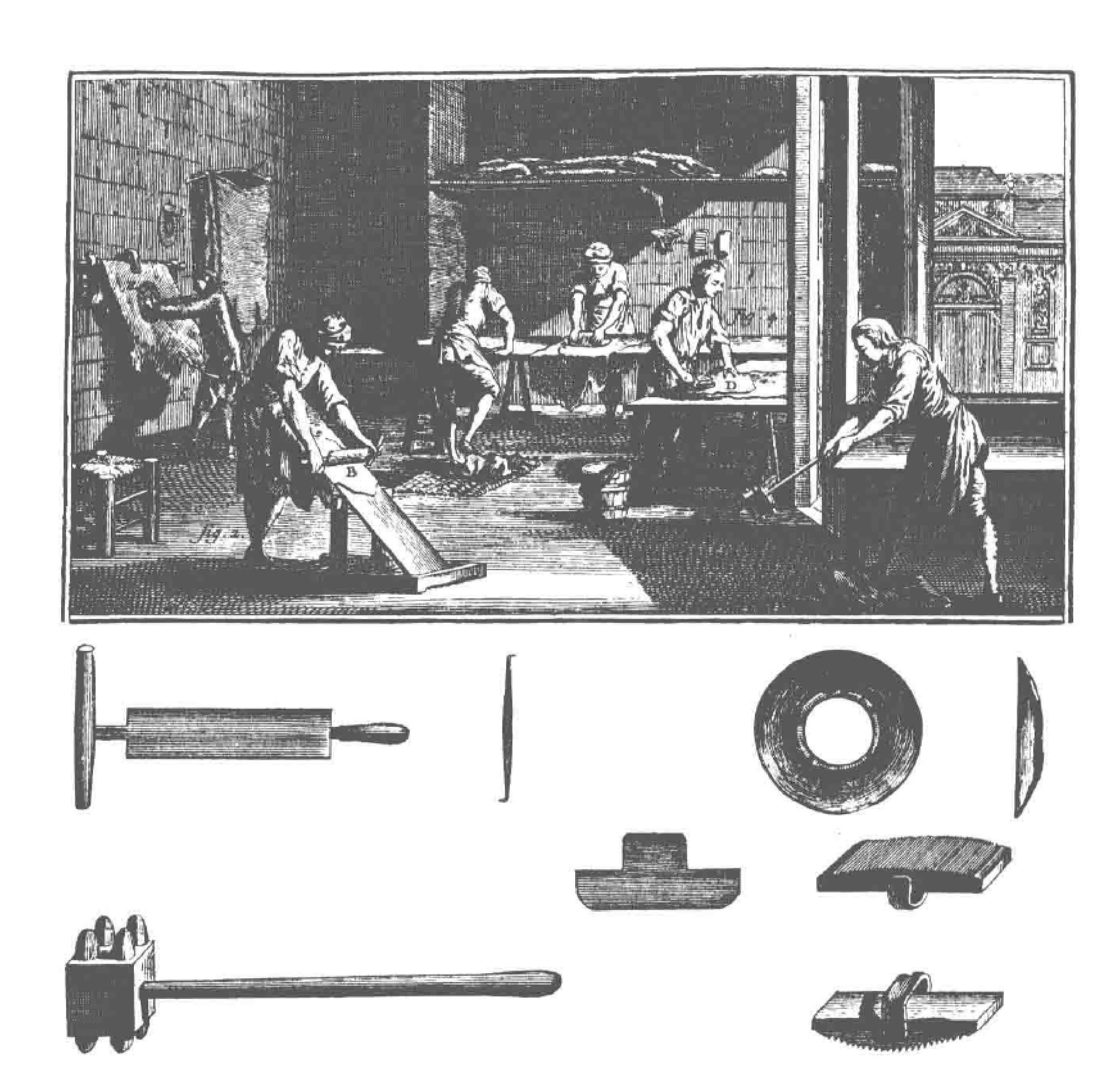


图115　18世纪的制革工场。
(左面墙边) 用半圆搓板搓软或拉平毛皮；(左前方) 制革工人用刀刮削毛皮；(右前方) 在篱笆上踩踏毛皮，并用双面回头锤敲打它；(后面，从左到右) 用刮子拉直、展平一张湿毛皮，用剑柄的圆头拍打软化毛皮，并使它呈现粒状。(下面) 制革工人的工具：刀 (外观和剖面图)；半圆搓板 (同上)；双面回头锤；刮子；剑柄的圆头。出自狄德罗的《百科全书》。

长期以来，硝皮这个术语(边码151)一直使用得不是很严密。严格地说，它仅指用鞣质或鞣酸处理皮革的方法。弱鞣酸液一度是从浸泡在温水中的某些植物中提取的，制取过程很慢，但提取得很充分。对于制作牛皮革来说，没有比栎树皮更好的原料了。早年，特别是在不列颠，栎树皮供应相当充裕。它兼具鞣革原料焦棓酸和苯磷二酚族

的大部分优点，即使有缺点的话也很少[1]。漆树叶是极好的鞣料（边码151），主要用来鞣制山羊皮，在15世纪引入不列颠。

鞣皮以前经常在坑中进行，后来改在桶中或缸中进行。添加石灰（边码152）则要用到一系列石灰水，先是用久置陈化的石灰水，最后改用新配置的高浓度石灰水。这种方法确保了石灰水的充分渗入，并避免了皮张表层硬化。鞣制的生皮应当时常从石灰水中拽出，脱水后再放进另一种石灰水中。最后，把毛皮平摊在石灰水坑里，在毛皮之间撒上碾碎的树皮鞣料。这种处理方法很透彻，但速度慢，可能需要15个月甚至更长时间。一些更现代的处理方法是把生皮挂在杆子上，让它们作摇摆运动以加速鞣革。所谓“袋鞣”就是把兽皮修整后缝合成袋，填满漆树叶后浸泡在石灰水中，过一段时间取出膨胀的皮袋，让所有的鞣液渗出，鞣革就完成了，毛皮差不多松软下来。如今，袋鞣仍然偶尔用于制造最上等的摩洛哥皮革。 156

5.2 皮革的整饰

完成上述各个步骤之后，为达到某些效果，皮革还需稍作处理。从很早以前开始，人们就习惯采用各种不同方式的精加工，以使皮革具有更好的适用性或装饰性。根据所使用的鞣剂，皮革呈现不同的颜色。油鞣的皮革是浅黄色的，明矾鞣的皮革是白色的，用植物鞣的皮革则从浅灰棕色到淡红棕色都有。埃及奈加代和拜拉斯出土的最早的装饰性皮革中，有绘着蓝色和黄色V形臂章的断片（图124）。在埃及，染成红色的皮革可追溯到王朝统治以前。

现存的埃及精加工皮革制品中，有衣服、带子、手腕装饰物、木乃伊标记、便鞋和袋子，用胭脂虫（第Ⅰ卷，边码245）和海石蕊作染料，用明矾作媒染剂。在早期和整个中世纪，都流行把皮革染成黑色。因此，含有硫酸亚铁（绿矾）的鞣酸成为人们最早使用的染料之

1 苯磷二酚族特别易于生产一种皮革，这种皮革一受到大气中的硫酸侵蚀就会分解。

一，后来使用洋苏木树[1]。植物染料染出了其他颜色，例如棕色（苏木）、蓝色（靛青）、黄色（石榴）和绿色（不确定）。

埃及人还另外采用了一些办法，以使某些皮革具有特殊的性能。制革工人采用“搓板法”，把毛面折在里面，用曲线板前后摩擦毛皮，发现山羊皮特有的结构使它出现典型的卵石花纹或摩洛哥皮革的粒状表面。不过，采用同样的方法处理小牛皮，仅仅会在光皮面上产生细褶，这就是所谓的柳条花纹。现在，人们仍用这种方法来软化用于室内装饰的兽皮。细毛在软皮和麂皮革上隆起，这起因于为方便油鞣而进行的皮面刮削或卷曲处理。马可·波罗（Marco Polo，1254?—1324?）曾经提到，“俄国”皮革的香味使人感觉很愉快[8]，这是因为用桦木焦油做滑润剂。16—17世纪，人们常常用木制的刀把圆头将皮革刻出小方块花纹，因为当时大部分皮革用作钱箱的蒙皮和室内装饰。

157

除了改进皮革外观这一主要目的，精加工还能使皮革具备一些特殊性能。用锤子锤打制鞋底的皮革，可以使它压紧而变得结实。用于马具的皮革需要极好的韧性和强度，所以需要鞣制，在硝皮后趁潮湿时涂上软化和防水油脂（边码148）。由于皮革内的水被驱出并代之以油脂，所以能起到充分持久的保护作用。18世纪，其他皮革（主要是做长马靴的小牛皮）经常在表面打上蜡。

显然，“粗面皮革”（Shagreen）这一术语的使用发生了很大的变化。这个单词似乎出自土耳其语 *saghrī*，是指牲畜的臀部。在波斯，最初的粗面皮革可能是用未经鞣制的驴、马和骆驼的毛皮制得。趁皮张潮湿时，把一种土荆芥（子）的种子嵌入表皮，干燥后再把它震出来，这样就会留下颗粒状的凹痕，然后再染色。17世纪起，粗面皮革用仔细加工成粒面的鲨鱼皮和鹞鱼皮制成，珍珠状的乳头突起被碾平了，结果形成好看的花纹（图116）。

近千年来，鞣制法在绝大部分地区一直保持着一种极其分散的

1　在别处也考虑使用其他染料（第10章，以及第Ⅰ卷边码245起）。

地方工业形式。在16世纪后期，英国“大部分村庄……大约有一个皮匠和皮革制造工……大部分集镇有3—5个，很多大城镇能有20个，在伦敦及其郊区……则有200个左右”[9]。甚至在19世纪早期，这项基础工业的大范围扩展仍在持续。当时，康沃尔和德文的131个城镇和村庄仍然都拥有制革工。早些时候，商业书籍中所记载的制革方法大多保留了中世纪的特点。虽然皮革在设计各种机械方面起了重要的作用，但皮革制造是受动力驱动的机器影响最晚的产业之一(图117)。

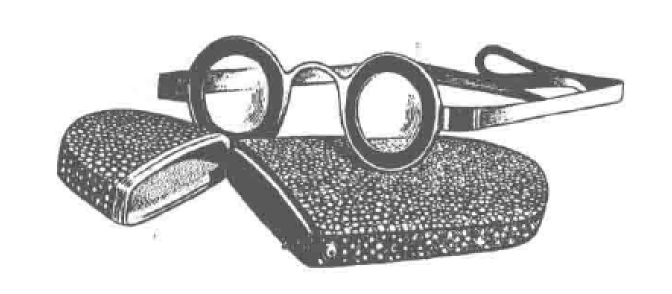


图116 粗面皮革制的眼镜盒。18世纪。

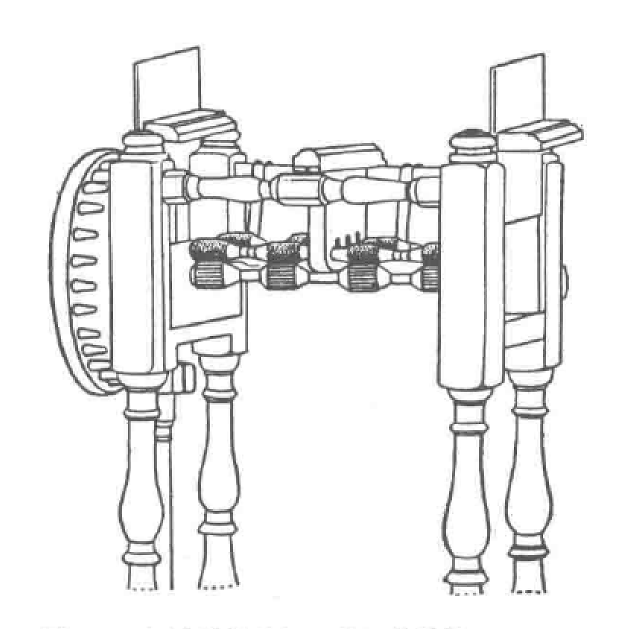


图117 阿克赖特纺织机的具体结构。显示出蒙着皮革的辊。1769年。

5.3 古代皮革的利用

158

皮革一直被广泛使用着，并有许多不同的用途，以至在某一两段时期中，皮革工业使用的许多方法也被用于其他材料（如木材、金属、陶器和纺织品）的生产过程，其中的一些方法最初几乎肯定是用于皮革的。那时，缝纫（图118）用的是一种极费力的史前方法，先用磨尖的燧石在皮片上刺出一排孔洞，然后用动物肌腱或窄皮条穿过孔洞把皮片连接起来。原始编织可能是用皮条和植物纤维进行的。把模制的生皮制成容器当然比陶器要好（第Ⅰ卷，边码399)。皮革能像硬木一样坚硬，坚硬的皮革有时只能用现代的车床锯开或弯折。但是，皮革有时像细织品一样柔软，可以进行最精细的缝纫。自古以来，皮



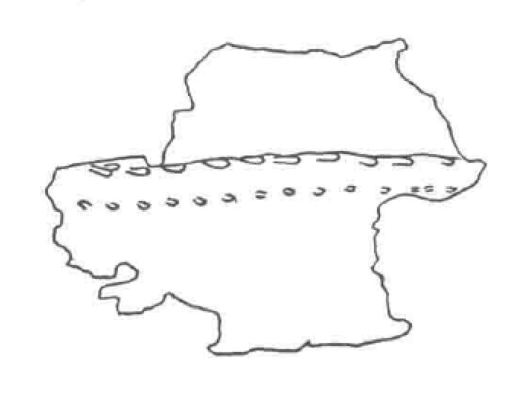


图 118　在巴拉比西发现的皮衣残片。接缝处缝合得极好。公元前第二个千年。

革用于制作盔甲、女性内衣、大型机器上的传送带和精致的钱包，也用于制作早期的酒具和泵上必不可少的垫圈。

毫无疑问，最早使用皮革的时间可以追溯到中石器时代。无论是西伯利亚古代遗址（第 I 卷，图 22）出土并修复的一个穿着兽皮的人形象牙雕刻品，还是西班牙的一些穿着皮衣人物的石洞壁画，都可以追溯到旧石器时代后期（图 106）。在古埃及，皮革是一种重要的日用品，从陵墓、城市、神庙和宫殿中已经发现了许多那个伟大时代的皮革制品。塔西文化和拜达里文化时期的墓穴中，很多尸体用山羊皮和羚羊皮包裹，它们也许是外衣，而不是裹尸布，缝合处手工精细，衣片边缘用皮条对接，有时在人骨周围还有缝纫用的骨锥和骨针。在埃及王朝统治前的遗址中，燧石刮刀、刀具和其他适用于制革的工具是很普通的。

旧石器时代的人可能把水盛入皮袋子中，然后垂放在炽热的石头堆上加热。在挪威中石器时代的居住遗址中，已经发现了遗留的皮革容器和蒸煮石。这些残留碎片可能为我们描绘了皮革制造方法的起源——模制——或常说的“粗胚煅件”。用这种方法制作的中世纪的浸蜡硬革，可用于制造诸如盔甲、刀鞘、瓶子、长颈瓶和供饮用的容

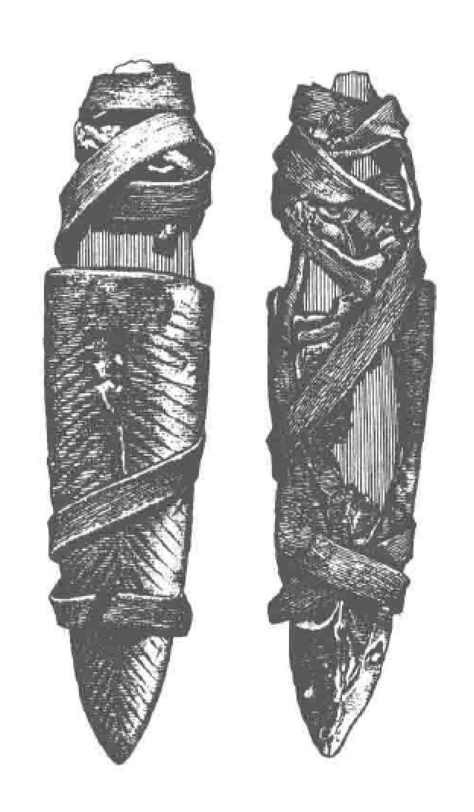


图 119　汉堡附近施塔德维彭克丹出土的鞣制牛皮刀鞘。据信制于新石器时代。



图 120　埃及绘画，画面上的男人提着一只皮革瓶。出自底比斯的雷克马尔墓室，约公元前 1450 年。

器。经热水处理过的皮革罐相当坚硬，这说明使用方便的容器是人们经过长期摸索而制成的。

汉堡附近的施塔德出土了一把新石器时代的燧石匕首，外面套着鞘，鞘用一种模制的并且装饰过的皮革制成，刀鞘外面裹着一根皮带（图 119）。刀鞘和裹带明显是用牛皮制的，虽然不能断定用了什么制作方法，但是鞣制得极好。特别有意思的是，原有刀鞘的每一侧粘上了一条可能用明矾处理过的羊皮带，用以保护匕首的刀口。刀鞘用现今仍在使用的方法制成，皮革被整块裁下，在背面用极细的皮带把缝合好，然后模制成想要的形状。

在埃及，无法证明早期是用模制皮革或未鞣制的生皮来制作容器。一些出土文物提示人们，某些早期的罐状容器是模仿皮袋和皮罐的形状和式样制作的（第 I 卷，边码 398）。如果确实如此，可能远在已确定的王朝统治以前的文明时期，模制皮革罐或大口杯的制作方法就已经失传了，

因为迄今没有出土过这类文物，虽然在大约公元前1450年雷克马尔墓室的绘画中有一件可能是皮革瓶的物品（图120）。在王朝早期的努比亚人墓穴中，在一个黑人血统的成年男子的头部旁边发现了一只皮革容器，而在类似的墓穴中，这个位置通常放着一个黏土罐（图110）。看起来，这是一种非常原始的皮革罐，用一块圆形皮革先在柳条圈上压出罐口，然后可能是用黏土和湿沙子把罐身塑成球形。在莫斯塔戈达大约公元前4000年的盘状墓穴中发现了实心黏土罐，皮革、湿的生皮或肠衣可能就在实心罐上进行模制后再干燥加固（边码147—148）。苏丹人、图阿雷格人、阿比西尼亚人以及北印度的部落，至今仍然在使用这种方法（图121）。

从王朝统治前的文明时期起（早于公元前5000年），出现过很多用皮革制的衣服，有的还用铜钉加固。回看历史，埃及人一直在使用整个东方都熟悉的皮袋盛水，他们把山羊皮缝合好，山羊的颈部被当作灌入或倒出水的袋口（图122）。王朝统治以前，埃及人就已经拥有皮鞋、画有图案的皮包和垫子、皮革制的打着结的卷套，以及打结连起来的皮带。古老的小雕像上画着V形图案的皮革断片，可能是残留下来的外衣（图124）。在莫斯塔戈达，人们把鞣制的山羊皮或羚羊皮小片灵巧地拼合起来，用整齐的针脚缝合成裙子，并饰以蓝色和白色的珍珠或精心修剪的裙边，还发明了捆扎皮腰带和褶叠的皮腰带。低帮皮鞋相当普遍，其中一些使用不适合随便穿着的鞣制软皮制成。此外，人们经常把皮革染成红色。

总而言之，事实说明早期的皮革制造已经掌握了相当的技巧。在同一时期的同一遗址中，出土的物品多种多样，其中包括一些用来做腰带和脚镯的皮制绳索（图123），在一个木柄上用生皮编成的绳子绑着一把磨光的石斧头，保护射手的手臂免受弓弦抽打的“护腕带”，装谷物和梳洗用品的皮袋，其中一个皮袋上有植物纤维制的提手，上面用编好的皮带扣着。除了这些，还有用红色皮革零片精巧缝合起来



图 121　图阿雷格人用骆驼肠子模制的珠宝罐，上面装饰有浅红色斑纹。



图 122　赛利纳斯（Silenus）手执皮制酒袋。取自一只希腊酒杯的图案，公元前 15 世纪。

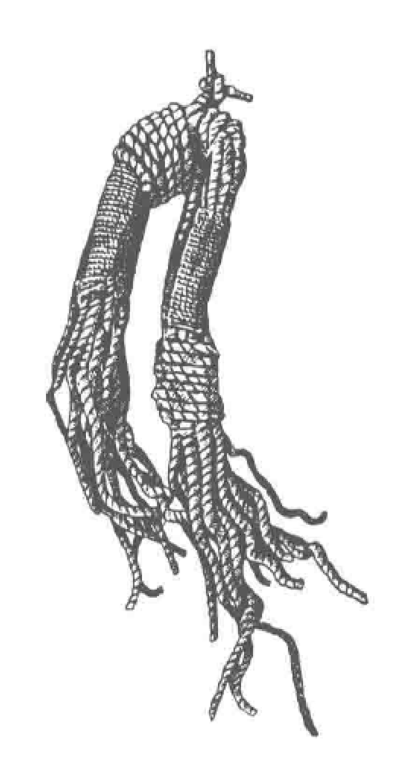


图 123　巴拉比西出土的皮带。公元前第二个千年。

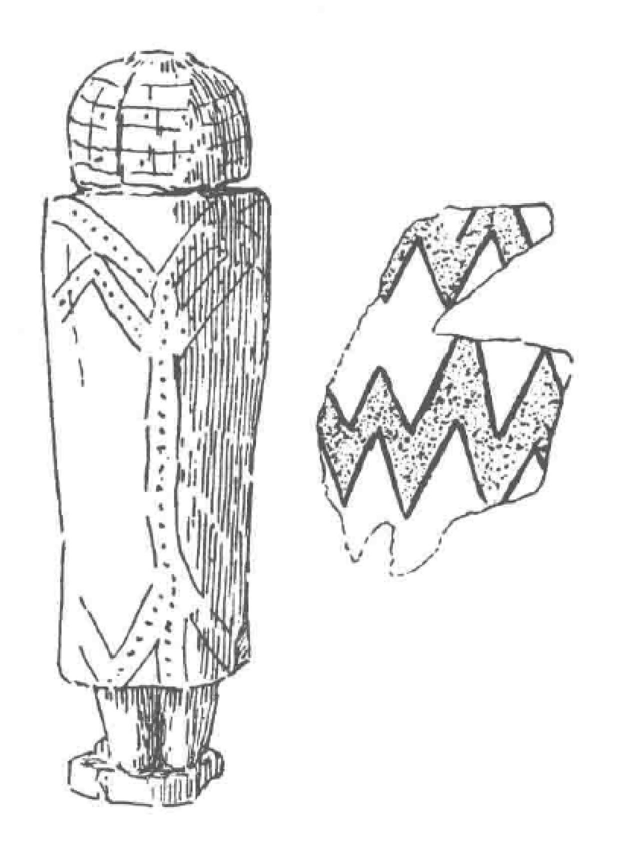


图 124　象牙小雕像。
高约 4.5 英寸，雕像中的女子身穿一件有着 V 形图案的皮制斗篷，出自希拉孔波利斯，另一块花纹相似的皮衣残片则出自奈加代。王朝时期以前的物品。

的一件衣服，一条用平行斜排的白色小珠子装饰的编织头巾，一种古老的现仍可用来提水的桔槔皮革桶（第Ⅰ卷，图344—347）。皮片是用极窄的皮带或筋腱连起来的，采用钮孔对锁缝法时会在钮孔间产生微小的脊状隆起，采用窄边叠合缝法时会在皮片上留下单排针脚。如果采用约1/2英寸的宽边叠合缝法，皮片上会出现两排针脚（图118）。

人们对于早期这些技术的了解，常常不过是一种推断而已。由于铜制的工具只是偶尔被发现，从皮革的预处理和使用两方面看，制革技艺的发展有一个漫长的过程。 162 古代使用生皮将手柄捆扎在石斧上，后来又用生皮紧缚住家具和战车的接合处。生皮干后会收缩，所以一般在它湿的时候捆扎。然而，我们可以从后来的壁画上更清晰地了解工艺过程。壁画上经常有描绘制鞋的场景（图125）。最早的鞋是把整张皮革剪割成鞋形，在脚后跟前装了两个开有窄口的皮边。皮带绕穿鞋人的脚后跟一圈，并穿过皮边上的窄口，在两块皮边的连接处用薄皮片包住，鞋底的前端有个孔，皮带穿过孔后即在孔下打结，这样就成了脚趾皮带（图112）。上饰圆环的T字形象形符号，是生命的象征，据说形状有点像这种鞋的皮带。不过，这个符号到埃及王朝时已经

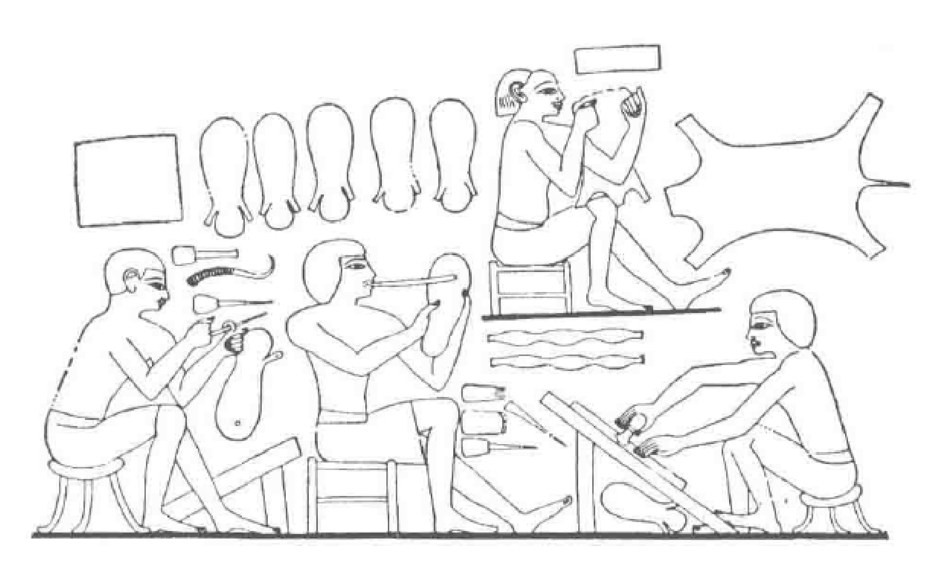


图125　埃及制鞋工人。
（从左至右）在鞋跟两侧的皮边上打出皮带能穿过的窄口；脚趾皮带被拽过鞋底前端的孔，并在鞋孔下打上结；用半月形刀裁剪皮革。出自底比斯的雷克马尔墓室，约公元前1450年。

失去了原来的含义。莫斯塔戈达的鞋用明矾处理过的山羊皮制作，经过简单处理的皮张内面做成鞋的衬里，做成鞋面的外皮面仍然残留着兽毛，但皮边匀称地切成斜角，大概是用燧石刀割的。壁画所展示的纯白色皮革带上，有一个宽0.25英寸、环绕一周的装饰边。

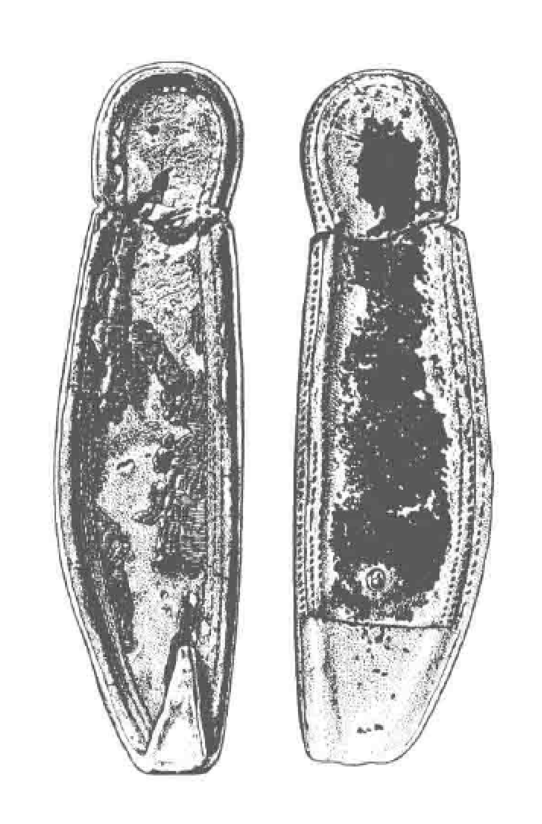


图126　书法家安尼的妻子图图穿的鞋，这是一双矾鞣的红色山羊皮鞋。出自底比斯，约公元前1300年。

此后，样式更精致的鞋出现了。新王国时期（约从公元前1580年起）的那些鞋做得更结实，鞋底由两层或多层皮革制成，趾端呈尖形。在第十九王朝底比斯早期希泰族的雕刻中，出现过一双做工精致、鞋尖向上翘起的鞋，这双矾鞣的红色山羊皮鞋的内衬采用棕色的鞣制皮革，两边留下了匀称的线脚，鞋底的四周配有滚条（图126）。

在古埃及绘画中很少见到手套。阿马纳的第十八王朝墓室中发现了一幅画，场景是国王将一副手套赐给一位负责管理马匹的高官。这副手套是红色的，可能是矾鞣后再用胭脂染色。在另一块浮雕上，这位名叫艾（Ay）的官员正不无得意地炫耀着他戴着的御赐手套（图127）。

在新王朝，战车在战争和典礼中相当重要，战车上马具的详细情况很容易查到，弓袋和箭筒都是皮革制的。图坦哈蒙墓中出土过一副木制马具，外面用绿色皮革蒙着。同其他木制品一样，图坦哈蒙的战车也是用生皮带来加固接合处。有些时候，整个车框都裹着皮革或生皮。车轮的外缘由两块弯成半圆的直纹木材斜接并粘牢，然后用生皮绑缚起来，沿车轮外周装上皮革轮胎[1]。轮毂和若干英寸长的轮辐裹上

1　在乌尔的战车上也发现了矾鞣皮革轮胎留下的痕迹。

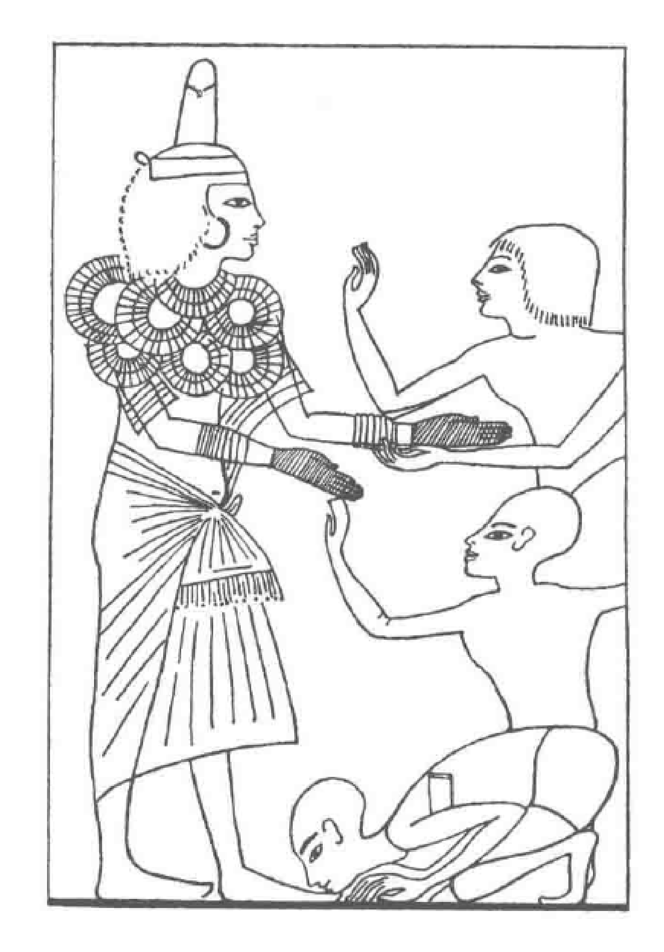


图 127　艾戴着红色的手套。出自阿马纳的墓室，约公元前 1370 年。

了生皮，生皮也被用来支撑战车的青铜轴，这种使用方法纯属结构性的。事实上，比较讲究装饰的战车使用饰以漂亮浮雕的染色皮革或薄金片进行包装，战车的底部由生皮条拉成网状结构（图版 5D，第 I 卷，边码 727 起）。部分车体框架有时用细木填补，有时用皮革覆盖，帝王的战车则用装饰性金片包装。当时，精炼黄金的人使用皮革风箱。

中王国时期曾经出现使用豹皮做盾牌和箭袋的画面，第十八王朝的一幅壁画描绘了它们是如何制作的（图 111）。画面上的工匠用力把豹皮塞进一个盛满溶液的坛子，里面装的可能是明矾溶液。经过鞣制处理的豹皮还是既干又硬，画中的豹腿和尾巴部分的毛皮都被剪掉了。一个工匠用埃及式的半月形刀把豹皮裁成所需要的形状，接下来在木头或柳条架上把豹皮摊开，有时还给豹皮镶上金属边。在叙述利比亚人入侵第十九王朝（约公元前 1300 年）失败时，伟大的凯尔奈克（Karnak）铭文提到过皮革帐篷[10]。第二十一王朝（约公元前 1000 年）伊斯米克赫伯女王（Queen Isimkheb）葬礼用的皮革帐篷至今犹存。

纸莎草纸是古埃及主要的书写材料，但是可能因为文稿要经常翻阅，人们至少早在第十八王朝时就开始使用皮革了。那时，原始羊皮纸成为替代的书写材料。凯尔奈克在编年史中写道："君主每天对这个城市、对卑鄙的敌人所做的一切都被记录下来……都写在阿门教堂

里的皮制卷轴上。”[11]这些卷轴成为“亡灵之卷”(图版5C)。亚述人的雕刻上也有皮卷轴出现，在中亚的尼雅发现了写在长方形羊皮上的公文，标的时间约从4世纪起[12]。染过的皮革用作天花板和墙面，留存下来的许多证据表明，当时的凳子、椅子、床、连枷、鞭子、狗项圈和拴狗颈的皮带、小装饰盒和装刀、匕首的鞘都是皮制的。出土文物中有用矾鞣皮革染成白色和红色的皮球，它们由6片以上的皮块整齐地缝合而成(图128)。

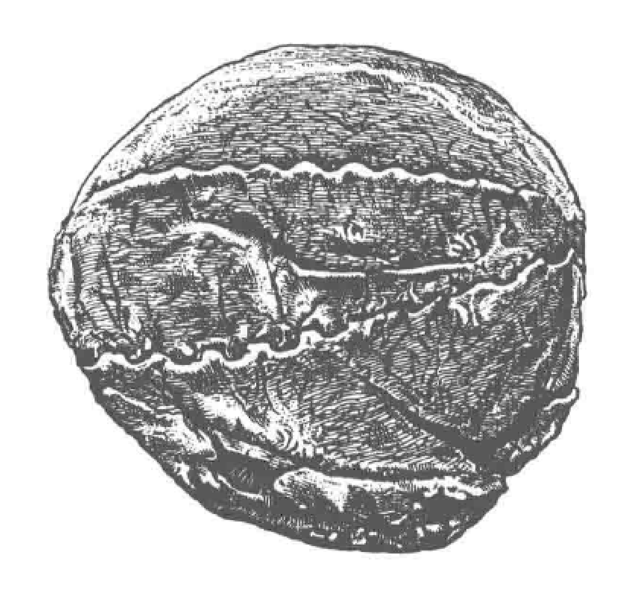


图128 古埃及皮球。
它用6片皮块缝合而成，出自底比斯。

苏美尔人同埃及人一样对矾鞣的白色皮革很熟悉，他们用它制成战车车轮的轮胎，同样的皮革也是制作精致的青金石装饰物的基本材料。人们穿着羊皮做的裙子，生皮则用来做马具。巴比伦人和亚述人因为使用艳丽的山羊皮做装饰鞋而著名，鞋上经常精心地饰以花纹，并用宝石镶边。尽管很多地方都能制造红色皮革，巴比伦的红色皮革却最受称道。亚述人用膨胀过的皮做成漂浮用的皮筏，并用皮蒙裹圆篮形大浮舟(第I卷，图537)。“红色的巴比伦皮革”是用胭脂染过色的山羊皮，罗马皇帝的缚带长筒靴就是用它做的，后来在希腊备受欢迎。这就是后来用漆树叶鞣制而成的最早的“摩洛哥皮”，这种皮似乎在巴比伦也颇有名声。

斯特拉博(约公元前20年)记载过腓尼基人对皮革的一种有趣使用。他描写道，淡水是从海面下的涌泉收集的，将一铅制钟形罩扣在泉眼上，顶端接上皮管即可。

用硬质皮革制成的工具到处都有，这说明新石器时代的欧洲在继续使用皮革。在石勒苏益格，人们发现了新石器时代的皮制大口杯和

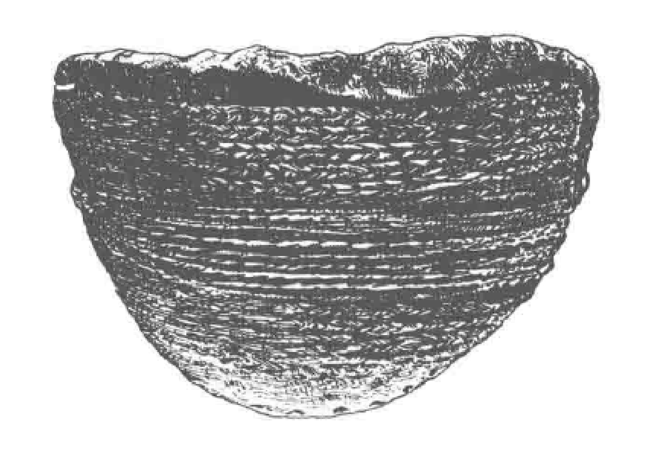


图 129　新石器时代的模制皮碗。它是对半相接而成的。出自石勒苏益格。

一只小碗。这只碗用浅黄色的鹿皮对半相接而成，可能用植物鞣革过（图 129）。碗的外周用黑色马毛编织的绳子缠绕，既用于装饰，也防止碗散开。原先，碗边是用皮革裹住的。整个碗分两部分模制，说明哪怕是这样小的物品，原始技术也甚至不能整件模制。史密斯菲尔德西部和伦敦出土的大口杯被认为是新石器时代的物品，用鞣过的牛皮制作，还附着一些毛发。

在东方和欧洲，皮革被广泛用于新石器时代、青铜时代和铁器时代的小船上。这些在本书的其他章节已论述过（边码 168；第 I 卷，边码 730—731）。皮革的另一个用途就是用皮条把多块厚木板缝合在一起，就像铁器时代石勒苏益格的约茨普林的小船（边码 578，图 527）。罗马作家详述了不列颠酋长身披蓝皮斗篷的场景。没有证据表明皮革曾被用于建造不列颠战车，埃及新王国也是如此（边码 163），但它曾被用来制作马具。据推测，盾牌是用柳条制成的，上面蒙着生皮。冶炼用的风箱是用皮革制的。这些内容在本书其他地方也有介绍（第 2 章；第 I 卷，图 382—383）。剑和匕首的鞘都是用皮革制成，在许多地方都发现了早期所使用的剑鞘。在石勒苏益格—荷尔斯泰因州的海斯霍夫出土的两把青铜时代的剑鞘的残片，用的都是无机盐鞣制的生皮。

166

在哈尔施塔特附近的盐矿，发现了一些铁器时代的最重要的皮革残骸。这些残骸包括一个内装工具的矿工工具包，一个装盐用的皮革袋，它的形状呈圆锥形，内有柔韧的加固衬料，并用皮带缚紧（第 I 卷，图 376）。此外，还发现了一顶带线脚的软皮帽，线脚跟现

今毛皮匠的缝痕很接近。在同一地区的迪伦堡发现了一顶山羊皮帽子（圆锥形的兜帽），以及一个用一张皮裁成的皮袋，皮袋的一端被束紧，并用带子扎住。拉登是铁器时代的一个小村落，位于纳沙泰尔湖东端，那里出土了许多皮制工具，同时出土的还有一个皮袋，袋内装着一个马鞍和马具匠的整套工具，包括凿子、圆凿、锥子、冲头和半月形刀。

随着罗马帝国的扩张，一部分皮制品流入了欧洲的西北部。在罗马殖民地发现的皮制品，主要是鞋底和衣服的残片。殖民地的驻军极力模仿在罗马时的生活方式，因而需要大量生活必需品，特别是皮革器具，它们都从意大利进口，所以对当地的皮革工艺没有产生什么影响。因此，要获得有关信息，我们不得不依赖罗马人，在某种程度上还要依赖希腊人。

167

在荷马时期，皮革是一种著名的商品。奥德修斯（Odysseus）戴的一顶缚带皮帽用毛毡做帽檐，并用野猪牙作点缀[13]，同时代的小雕像展示了这种锥形头饰。在迈锡尼，人们发现野猪牙被磨尖后当缝纫针使用。荷马所著的《奥德赛》（*Odyssey*）中，累尔提斯（Laërtes）戴着一副手套站在花园里。阿喀琉斯手执长矛刺向埃涅阿斯（Aeneas）手中盾的外缘，因为那里所包的铜皮以及所裹的皮革最薄[14]。制革匠为渗透油脂而做的拉伸生皮的工作，常常被人们比作争夺普特洛克勒斯（Patroclus）躯体的拉锯战（边码 157）。奥德修斯发现，欧迈俄斯（Eumaeos）为过冬准备了牛皮鞋。人们在钢盔下面戴上皮帽，可能是为了防止擦伤。当时，皮袋普遍被用来盛装酒和油。

大约公元前 5 世纪，希腊人采用皮革胸甲做盔甲，上面用金属丝绑上小青铜片。罗马人后来采用了一种类似的防护方法，把青铜片换成了铁片。在公元前 6 世纪的一只基里克斯陶杯上，绘着一个制鞋匠正在使用半月形刀，另一把刀和鞋片及成品鞋一起悬挂在墙上（图 130）。大约同时期的一个双耳细颈椭圆土罐的画面上，一位买主站在





图 130　一只希腊碗上的画面，一个制鞋工人正在切割皮革（复原图）。墙上挂着鞋、锤子和半月形刀。公元前 6 世纪。（下面）半月形刀的演化。

工作台上的皮革上面，制鞋匠按她的脚形切割出鞋底（图 131）。在其他地方，我们发现类似于今天所使用的量尺正被使用。伊特鲁里亚人是技艺娴熟的鞣皮匠和制皮匠，在巅峰时期（公元前 7—前 6 世纪）能制出豪华舒适的鞋，有点类似希腊的款式。从此以后，希腊人常穿的皮制鞋种类同近东大部分国家差不多，主要有便鞋、浅口鞋、靴子和半高统靴。一尊约公元前 2600 年阿卡德人的雕像表明，希腊人当时



图 131　希腊制鞋匠按买主的脚形切割出鞋形。引自希腊双耳细颈椭圆土罐画面，公元前 6 世纪。

还穿着鞋尖朝上高高翘起的鞋子。出自卡尔基米什的赫梯雕像上，有着一双鞋尖不上翘的类似鞋子。据推测，从史前最早时传下来的鞋是单张皮制成的，最初是从毛皮上切割下整块皮料制成一个皮袋，将皮条穿过穿口，将皮套裹住脚踝。

168

从当时的雕像中，我们可以了解到希腊鞋的具体情况，它们同埃及鞋的区别在于用许多皮条把鞋紧紧地绑在脚上。鞋有许多不同的样式，在古代似乎只有生活富裕的人才能穿皮制鞋，穷人只能穿木底的鞋。鞋帮经常是用染过色的皮革——可能是山羊皮制作的，鞋底用的是生牛皮。较好的鞋底有几层生牛皮。据说厚底鞋是埃斯库罗斯（Aeschylus）发明的，初衷是增加诸神和英雄人物在舞台上的高度。这种鞋底有几层厚，加起来有3英寸，鞋尖处有一块铁掌，时髦的妇女很喜欢穿。

在皮革制造和使用方面，罗马人表现得极具才华。他们的行会汇聚了各种加工和制造皮革的人才，可以制作皮带、马具、盾牌、盛酒和装油的皮袋以及各类鞋子。罗马鞋的款式是仿希腊的，但对军用鞋进行了加固。各类皮制鞋在有组织的工场里大量生产，形成了一个增长迅速的出口贸易项目。军人穿的战靴鞋底很厚，是把两层或多层用植物鞣制的皮革缝合起来，或者用皮条束紧，再钉上铁钉或鞋底钉（图132），鞋帮则由一组皮带和露趾的系带鞋内衬底组成。正如从壁画和雕刻品上看到的那样，鞋的裁切使用的是半月形刀（图130—131）。普通的鞋通常是黑色的，贵族穿的鞋则往往色彩艳丽，黄的、红的、绿的都有，君主穿的是紫色鞋，很可能是把染料涂在矾鞣皮革（精制软革，边码150）上。罗马殖民者用皮革制造自己所需的物品达到了何种程度，我们不得而知，但现在可以确信的是，各大城市输入大量皮革成品，同时将兽皮输出。显然，在不列颠和高卢，皮革的某些用途对入侵者来说是陌生的。恺撒好像在他的纪实作品中写道，不列颠人用皮革做衣服[15]，用兽皮遮盖小船，用软皮革做威尼提人航



图 132　罗马军鞋的鞋底。
一只用皮条束紧，另两只钉了铁钉。出自伦敦弗利特渠。



图 133 《斯托尼赫斯特福音书》的封皮。
它是用浅红色山羊皮覆在雕刻有花纹的石灰板上制成的。7 世纪。

海用的帆。

169

我们没有找到罗马帝国崩溃之后的一段时期中皮革行业存在的直接证据，不过可以判断当时的皮革制备和使用并无多大改变，基本上沿袭了较早时创立的方法。我们在英国出土的一件工具上找到了若干例证，它把高度发达的罗马文明和更早的史前文化串了起来。与史前刮刀不同的是，这把骨制刮刀增加了铅芯。这样一件出自圣奥尔本斯的工具，是用牛的炮骨制的。

在经历了这些黑暗动荡的岁月后，皮革制品并未受到损坏，保存下来的有《林迪斯凡福音书》(*Lindisfarne Gospels*，约 700 年)，极完整的 18 世纪的《凯尔斯书简》(*Book of Kells*)，圣埃基沃尔德的《赐福》(*Benedictional*)，以及其他诸如此般的贵重手稿。在记载学问费时又费钱的那个时代，犊皮纸显示出它的重要性。《斯托尼赫斯特福音书》(*Stonyhurst Gospel*)（图 133）是从圣库思伯特（St Cuthbert，卒于 687 年）棺木中找到的，《温顿智书》(*Liber Winton*，12 世纪，图 147)

举例说明了皮革作为保护性捆绑材料和美观书写材料的价值。在19世纪布莱克莫多克圣地和其他一两个地方，还发现了皮革制的小背包和袋子。埋葬的萨顿胡船中（约660年）有制鞋和制包用的皮革，它们沿袭了古老传统，蒙在大型木制盾牌的正反面（图134）。一个世纪以前（1848年），人们在巴克斯顿发现了撒克逊人用模制皮革制作的酒杯残片，它类似于前文提到的（边码165）新石器时代的碗，并有银饰。

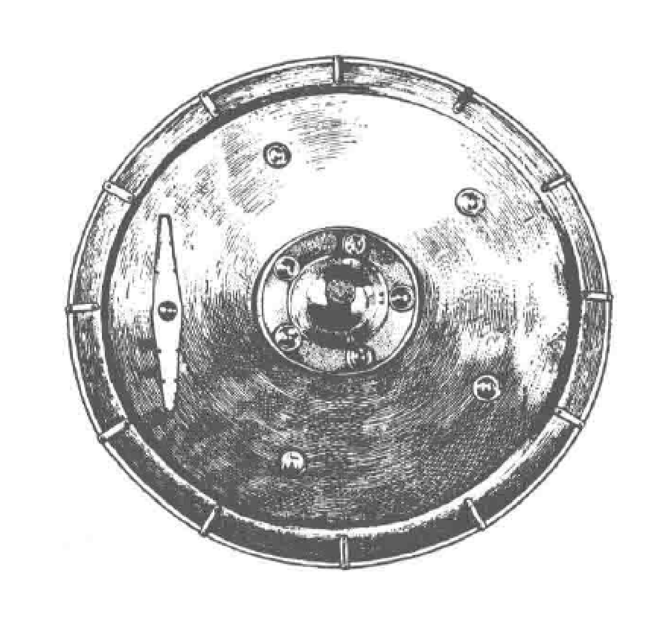


图134　北欧海盗的木制盾（复制品）。上面蒙着生皮。直径35英寸。

170

5.4　加工方法

中世纪早期的人们提起皮革时，指出了它在日常生活中的重要性。在埃尔弗立克（Ælfric）的《谈话录》（*Colloguy*，约1000年）中，撒克逊"制鞋匠"说："我买毛皮，用我的手艺进行加工，把它们制成各式各样的靴子、高帮鞋、低帮鞋、皮马裤、瓶子、缰绳、小水瓶、皮包、皮脖套、手提箱和钱袋，谁都希望凭借我的手艺过冬。"[16]

诺曼人征服不列颠之后的整个中世纪，皮制品的样式变得越来越简洁，从而使我们有可能了解制作皮革的精湛技术以及它的普通用途。在那个时期，奠定基础的主要技术有：

（a）缝制　大麻线或亚麻线已经取代了早期的肌腱或皮条（图135）。缝线的股数根据皮革的厚薄而定，将若干股麻纤维放在大腿或膝盖上反复搓，通常在腿上垫着皮制围裙加以保护，然后给搓成的缝线上蜡。所用的蜡一般是蜂蜡，它既能避免缝线松开，又便于在缝合时拉紧，这样，即使针脚的缝线断掉，缝线也不会脱落。皮革

的纤维性使针脚极具韧性，即使针脚在皮制品的边上也照样管用。

(b) **铆接** 至少早在拉登文化时就已经使用，最初主要是为了加固皮制品中的木料或金属，后来用于把诸如皮管和皮桶这样的皮制件拼接起来(图 136)。



图 135 制鞋匠的店铺。
里面摆着各种各样的鞋。左边的工匠利用镫形件缝合好一只鞋。长凳上放着一团线、几把刀、锥子和骨制的磨光器。出自安曼(Jost Amman)的木刻，1568 年。

(c) **把皮革固定在刚性基底上** 古埃及时就已经使用动物胶(第 I 卷，边码 695)，早先大概是为了把皮革粘贴到木制的箱子、钱柜和桶上，可能也粘贴到剑柄、剑鞘这样的金属制品上。中世纪早期，为了起到保护作用，在笨重的旅行箱上蒙上生皮，并用扁铁固定。从 16 世纪起，扁铁被铜钉替代，这样箱子就更轻巧了。这种技术也被制作钱柜的工匠采用(图 149)，还打造出蒙皮和蒙天鹅绒的家具(图 231)。古轿、四轮大马车以及后来的轿子，都是把皮革展开钉在框架上，以便减轻重量。同时，这种方法也用于壁板、屏风和椅子。

171



图 136 模制的铆接救火水桶。19 世纪早期。

(d) **模制** 不列颠新石器时代可能已经在使用，撒克逊时期则肯定在使用。中世纪时期，皮革模制在不列颠和中欧变得极其重要。至少早在 14 世纪，人们就已经知道术语 *cuir bouilli* 是浸软而压成形的皮革的意思(乔叟和巴伯)。

它的基本原理有赖于植物鞣制皮革的两种特性：(i) 用水充分软化之后，鞣制皮革可任意模制。软化后的皮革可以放在模上，或置于硬土芯、木模和湿沙上，耐心地用手指捋平、压紧或敲打，把它塑成特殊形状。(ii) 要让皮制品永久保持其形状，就得适度加热至干燥，皮制品的硬度取决于干燥的程度。直到今天，这种方法仍在用于制作刀鞘、箱子角、雪茄盒、各种奖杯、密封垫和机器的垫圈。如果把成形皮制品即刻浸入温度极高的水中，定型会更快，成品也更坚硬。据推测，正是这个过程产生了术语 *cuir bouilli*。有些情况下，要给模制的皮制品浸透蜡，皮制饮具（大酒杯）、杯子和水壶的边沿要用树脂或沥青处理（图 138—139）。

(e) **层合**　模制生皮和皮革的另一种方法是把薄层皮张依次粘贴到模芯上，黏合剂可选用面糊等。这种方法比用湿塑法有更大的可塑性，然后用层合法制作刀鞘、带螺旋塞的瓶子和眼镜盒等轻型皮件。有时，有些层次用的是帆布或纸，但皮革层总是被完好地粘在最外层。层间接合处通常无法觉察到，因为表层皮边修剪得很薄，实际的接合处有时用装饰加以掩盖。

(f) **切割和冲压**　把坚硬的厚皮革切割成要求的形状，就需要使用刀、凿子、圆凿和冲头这类工具。要将皮革的边刨出斜面，可将它摊平在光滑的硬石板上，用古老的半月形刀（图 130）或一边被磨成锋利斜边的平面直角刀，以适当的角度进行刨削。在铁器时代的工具包里发现了上述工具，里面还有用于缝纫的各种锥子（边码 166）。

172

(g) **做帘帷**　软化的皮革——特别是用古老的“立桩支撑”方法（图 111）硝制的绵羊皮或山羊皮，很适合做衣服，更柔软的皮革适合做帘帷，软化的皮革特别耐用。

(h) **冲孔和切开**　将皮革切开或打压出许多小孔，这样做成的皮衣不但通风而且合体。不用担心皮革会被撕坏，因为它的纤维结构有很高的强度。古埃及曾经使用过类似的方法，16 世纪时仍在沿用（图

版 5A、5B)。

(i) **皮条和皮带** 皮革不仅首次提供了大张的材料，而且还首次提供了细长片、长条和长带。埃及绘画展示了人们把兽皮螺旋形切割成连续的长条，然后搓成绳索(第Ⅰ卷，图 284)。把皮革做成束缚马的缰绳，这是人们开始训练和使用马的第一步(第Ⅰ卷，边码 720 起)。

173

皮革有一个特性，切开的刀口不易磨损，而且能够进行赏心悦目的精加工。最好的方法是用专门的削边刀把皮边尖角削掉，然后用染料或混有胶水的颜料将边缘染上色，再用蜡上光。很多情况下，用专门设计的铁熨斗在靠近皮边处烙出一排匀称的褶裥。

(j) **为特定目的进行的表面处理** 皮革制品通常很贵重，所以必须在适宜条件下保存。用蜡打光的方法用得很普遍。将水桶和皮箱涂上油或油脂，使皮内外的水分不能自由出入。此外，将马具涂上油使它柔软，将瓶子、水壶和大酒杯涂上沥青或中性树脂，防止容器内液体浸湿皮革，将矾鞣的皮革弄湿后用桩撑住以便重新软化。

(k) **蒙皮** 由于皮革能起保护作用，所以最初用它蒙在钱箱、首饰盒这类物品的表面。即使随着细木工和精加工方法的改进，蒙皮变得不再有必要，这种方法依旧沿用了下来。人们普遍喜欢在蒙皮上绘

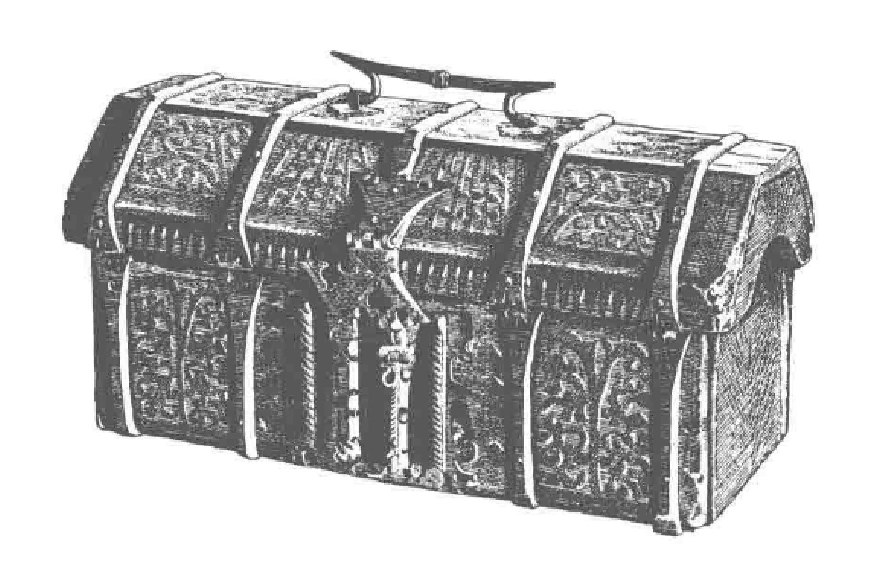


图 137　蒙皮首饰盒，蒙皮上有压印图案。法国，15 世纪。

画，或者包上贵金属薄片。



图 138　用浸软而压成型的皮革制的杯状盒。上面刻有装饰图案。出自萨福克斯威福林教堂，13 世纪。

(I) **装饰**　人们一开始鞣制皮革就给它染色。正如前文所说，灼热的金属器具压在皮革上时，皮革的被压部分会变黑，用这种方法可以烙出线条和图案。中世纪时，最精细的表面图案往往在木制的浮雕上用尽雕塑、打孔、切割、刻或刷等方法，或几种方法结合起来使用。牛皮的表面相对较平，在它还潮湿的时候，可用平行线装饰出图案，或用有凹槽的木制圆头饰以菱形花样。山羊皮容易起皱褶形成颗粒状，可用"搓板法"予以克服（边码 156），即把山羊皮的毛面朝里折叠起来，向后往一个或多个方向在木板上搓动。人们可以根据所需的图案，选择弯曲的、盖有软木的木板。压印图案使用的是精雕细刻的金属印章，这种本色压花的方法最初可能用于书籍封皮（图 147）。有的时候，不同印章组合而成的图案布满了整个表面。烫金压花可能源于波斯，经威尼斯传到英格兰（图版 7A），后来用于各种皮革制品，包括盒子、首饰盒、帘帷和皮椅。

174

使皮革外观多姿多彩的另一种方法是给它全部镀金，书面、帘帷和护墙板都是这样处理的。特奥菲卢斯[17]（边码 64）在 10 世纪时描述过的这种方法，长期以来一直没有改变。600 年后，佩皮斯（Pepys，1633—1703）欣喜地看到他的第一辆四轮大马车的皮遮篷在阳光下像纯金一样闪闪发光。无论是皇家的还是伦敦市长的四轮大马车，至今还让我们想起那种曾经存在过的镀金皮顶马车。虽然有时也使用真正的金叶，但更常用的方法是把银片或锡箔粘到涂有蛋清和虫

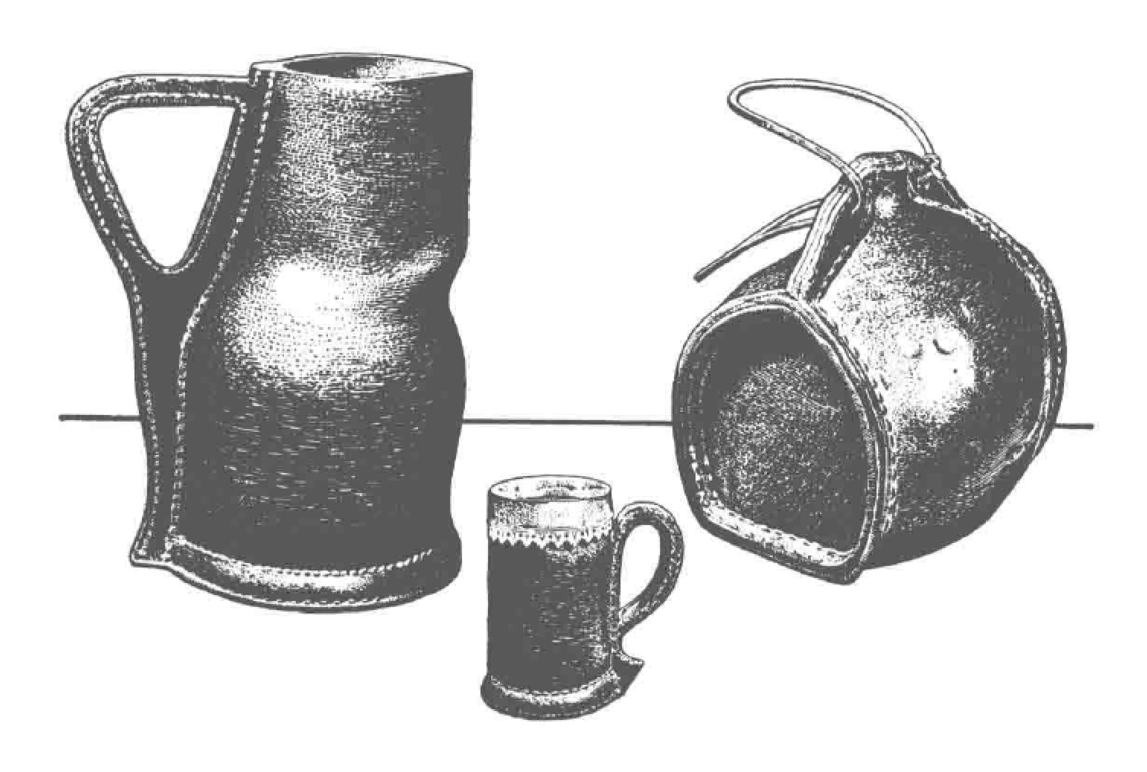


图 139　用模制皮革做的皮罐、大酒杯和瓶子。17 世纪。

漆的皮革表面，外罩黄色清漆，从而产生闪闪发光的效果。当皮革用作护墙板、屏风或台布、床毯时，经常会出现浮雕图案，画面上一部分采用不透明的颜色，一部分采用带色的清漆，令人赏心悦目。浮雕墙纸很大程度上是浮雕染色皮革（图版 6A）的逻辑性发展，它在不列颠，是由皮革镀金匠首创的。

175

5.5　中世纪以来皮革的利用

人们有关古代服装方面的知识，大部分从雕像和绘画中获得。16 世纪的一些皮革短上衣仍然保存着，有些衣服通体戳开或撕裂，以便于舒展和通风。还有些衣服是平翻领，大约 6 英寸宽，用黑色山羊皮制成，带有镂空图案。勃鲁盖尔（Pieter Brueghel the Elder，约 1520—1569）的绘画能使我们对“皮革工作服”产生印象，在 1595 年的一份诉状中，皮衣作为“最穷困的阶层”的主要穿着被加以描述[18]。皮衣的针锈花边和束带用来把衣服的各部分拴扣在一起，例如把紧身上衣、短裤和盔甲的各部分连接起来。主要用来做外衣的皮革有这样

几种：山羊皮又轻又软，不易磨损；绵羊皮虽然又轻又软，但不如山羊皮坚韧；麂皮，包括公鹿皮和母鹿皮；牛皮虽然很厚，不过轻且坚韧，大部分用来做保护性束腰外衣和防护手套（图 140、图 145）。牛皮虽然使用得较早，但没有找到 13 世纪以前相关的记录，仅发现了 13 世纪以后的牛皮盔甲。牛皮被认为是抵挡刀剑的有效防护装备，它的坚韧程度可以抵挡住刀剑的偏锋。18 世纪末，人们仍然穿着长牛皮外套，出门时穿着的色彩鲜艳的绣花丝绸紧身上衣上，常常饰有长条绵羊皮。

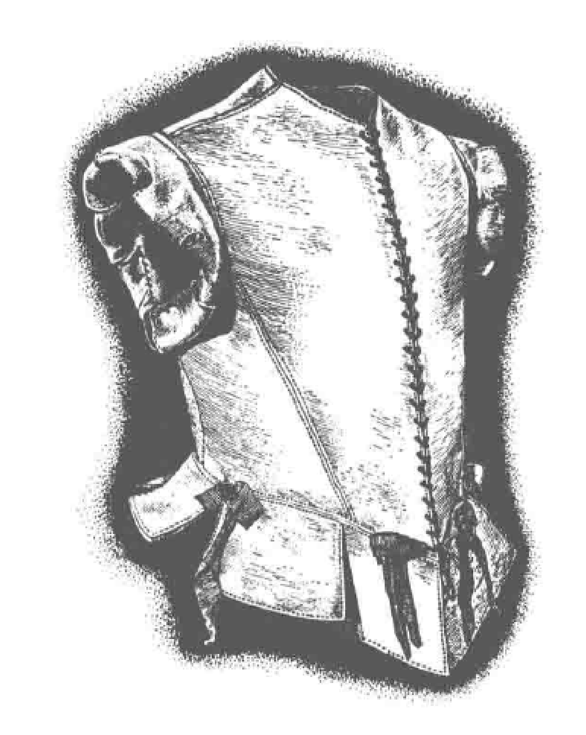


图 140　牛皮束腰外衣。
其门襟是对接的，并饰有丝绸花边。17 世纪早期。

在不同的时期，制作靴子和鞋的材料几乎竭尽人们的想象，但皮革始终是主要的材料。早期的靴子就已经采用各种方法保护脚踝和腿，在亚述和巴比伦业，发现了半高统靴、护胫、绑腿和皮带。

罗马鞋的鞋面让脚的一部分露在外面，因而并不适用于欧洲西北部地区。由此，人们把像鞋一样的鞋面缝到典型的罗马鞋底上，这可能是当地的鞋匠试图制造出更适宜寒冷气候的鞋。这些并没有产生长远的影响，因为实际上中世纪的鞋不像罗马的鞋，它很软，相对来说不太坚固。时髦的鞋大部分用染色的科尔多瓦皮制成（山羊皮，边码 150），普通的牛皮鞋通常是黑色的，约 1/8 英寸厚。然而，对我们来说，这些鞋似乎并不比用同样皮革的鞋面和鞋底缝起来的拖鞋好多少（图 141）。

从诺曼到斯图亚特王朝时期，鞋的材料和结构似乎都没有太大的改变。尽管在样式上不断翻新甚至稀奇古怪，但是靴子和鞋重量相

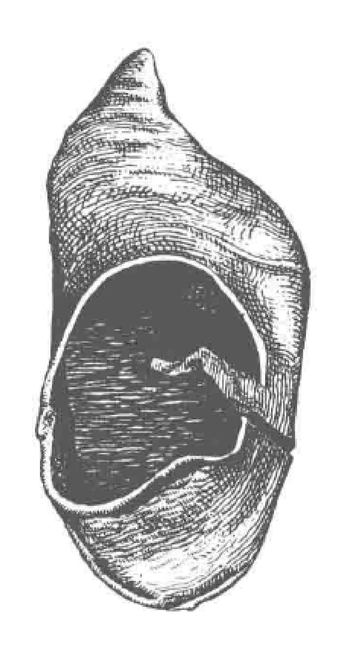






图 141　爱德华三世（Edward Ⅲ）休闲时穿的尖角皮鞋。出自伦敦。

图 142　英格兰的马靴。17 世纪。

对较轻，制作也简单。7 世纪早期，流行起在所有的场合都穿长筒靴。最初，这些软皮（科尔多瓦皮和俄罗斯牛皮）制的跟脚长靴是配短马裤穿的。16 世纪下半叶开始，配上靴后跟的长靴更加经久耐穿。当马裤加长到膝盖时，男人们的靴筒相应变得较短较宽松，它们是用俄罗斯牛皮、科尔多瓦皮、鹿皮和软皮制的。由于 17 世纪的战争，鞋的缝合方法比以前更加实用坚固（图 142）。从这时起，人们能用今天所了解的缝合方法记录下当时鞋的一般特点，例如皮鞋上的沿条。在一些 15 世纪的鞋上，发现了另一种缝合方法（图 143）。

人们认为，日尔曼部落早期使用过手套。在凯尔特人和撒克逊人的著述——包括在史诗《裴欧沃夫》（*Beowulfo*，8 世纪）中，都曾提到过皮手套，虽然他们没有名列 11 世纪埃尔弗立克给出的皮革制品清单中（边码 170）。礼拜仪式用手套在公元年间出现得非常早，但往往是亚麻或丝绸制的。蒂克希尔（Tickhill，约 1314 年）和勒特雷尔（Luttrell，约 1338 年）的英文版圣诗集中明确提到，皮革手套和连指手套为各个阶层广泛使用（图 144）。那个年代，骑士戴着用皮革

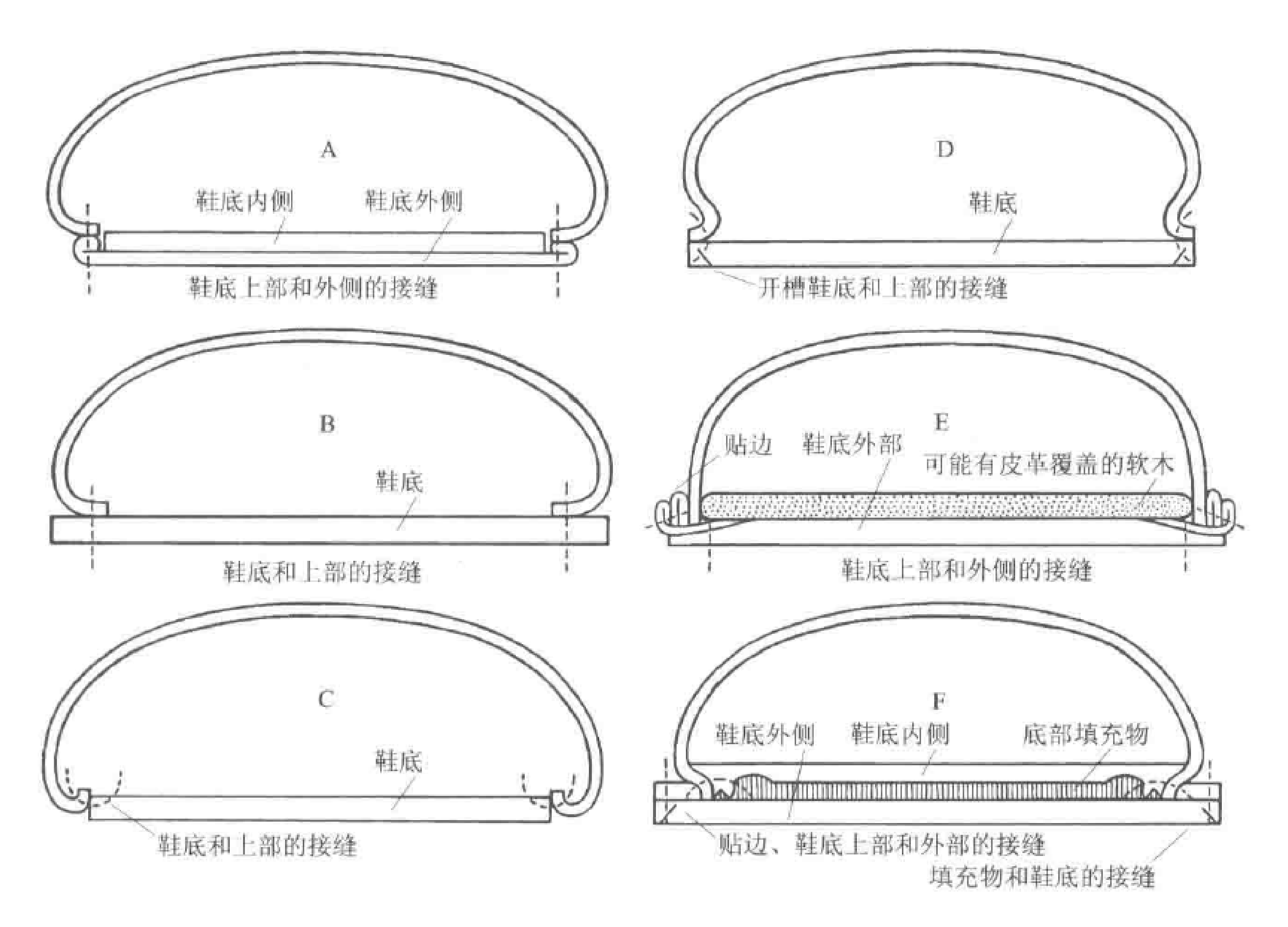


图 143 鞋面和鞋底缝合起来的方法。
(A—D) 中世纪的简单方法；(E) 一种更精细的缝合方法，皮鞋有了沿条。爱德华三世休闲时穿的鞋；(F) 缝合有沿条鞋的现代方法。

做底料的铠甲防护手套。在坎特伯雷，黑太子(Black Prince)戴过的手套悬挂在他的墓冢上，历经600多年，这些麂皮手套至今仍保存完好(图145)。亨利八世的猎鹰手套用油鞣鹿皮制成，装饰得古雅

178



图 144 耕作用手套。摘自《勒特雷尔圣诗集》，约 1338 年。



图 145　黑太子（卒于 1376 年）左手戴的防护手套。手指部位装饰有锯齿形花边，花边掩盖了手指部位的缝合线。坎特伯雷大教堂。

别致。从 16 世纪和 17 世纪起保留了许多手套，大多是鹿皮、小山羊皮或科尔多瓦皮制的，许多带有装饰精美的手套护腕。这几个世纪出现的连袖手套上，值得注意的地方是拇指的开片笔直地裁到拇指的根部，而不是像稍后那样剪成深深的曲线形，四指部分的开片则在手背部剪得很深，在手掌面则是正常的长度，大概这是为了给人制造出纤纤长指的错觉。

在莎士比亚（Shakespeare）时代，古老的半月形刀是手套匠和马鞍匠的常备工具。它常被用来切割厚重的鹿皮，而鹿皮是英国手套常用材料。在中世纪，手套裁缝的工作是秘密进行的，他们的技巧在很大程度上决定了下面的一系列工序。他必须精确地知道手套需要拉伸的程度和方向，不仅包括给定的手套样式，而且还包括手套的每一个零部件。手套裁缝主要用到三种接缝，分别是“圆缝”“扎缝”和“叠缝”。“圆缝”是把背对背放置的两片皮革的边缝合起来，这种包缝掩盖了裁切的刀痕。“扎缝”适用于厚皮革，将两块皮片的边贴在一起依次缝合，留下与皮边平行、看得见的针脚。“叠缝”是把皮边折叠起来进行缝合。只有娴熟的技术，才能确保手套张力均匀且不变形。

盛放私人和家庭财物的小容器　很久以前，皮革就被制成便携容器，用来盛装私人财物。甚至就连原始时代的人，也用皮革或毛皮制的皮袋盛放工具和充作货币的物品等，新石器时代的人则为燧石匕首配备了皮鞘。在制造这些皮制容器时，本章所介绍的所有基本技术都要用到，有些容器已经介绍过了。

在埃及，拉挺过的皮革被用来做椅座和凳座（第 I 卷，图版 25）。

但在17世纪中叶以前，人们对皮革用于室内装潢不是很清楚。削刮过的牛皮经常先染上棕色的小方块花纹，然后再拿去使用。同时代的用来盖桌子、地面、看台上的星象仪的皮革，都是用未染色的绵羊皮制成的。把皮革放在有浮雕图案的木板上，用骨制或木制工具在皮革表面来回摩擦，图案就留在了皮革上。当然，也可以把皮革放在工具和浮雕图案之间进行挤压，灰棕色皮革的表面就会出现凹纹，从而留下棕色图案。

16世纪和17世纪的整个欧洲，都流行用“西班牙”皮革（边码150）制作椅座与椅背、帘帷、屏风、床罩以及其他物品。威尼斯经常把皮革用油漆涂平，法国、佛兰芒、西班牙和荷兰则用大木块刻出浮雕，将镀金后的皮革置于木块上，压出凹凸纹，再上漆或上光（图146，图版6A）。许多装有皮革护墙板的17世纪房间，至今依然保存着，通常是把同一大小的许多皮块缝合在一起，然后用带皮帽的钉子和窄皮边把合成的薄片固定到墙上。除了边缘钉的钉子外，皮革事实上是悬空的。因为外表华丽，它有一段时间曾代替了挂毯。它很容易打扫，里面不会藏有虫子。在柯尔贝尔（Colbert）统治下，随着挂

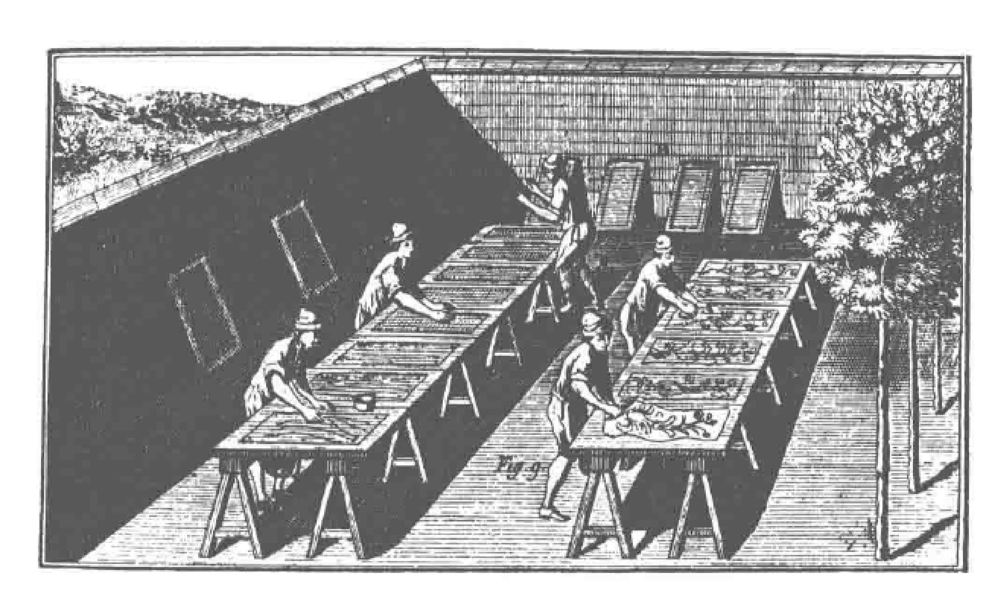


图146　用作墙纸的镀金皮革护墙板的制备。
（左）把金箔置于已处理过的皮护墙板表面，并用蛋白粘住。（右）皮革上的浮雕图案。出自《工艺百科全书》（*the Encyclopédie méthodique*），1783年。

毯业的复苏，皮革帘帷在法国便不再流行。不过，由于墙纸在英格兰的兴起，反而刺激了皮革业的发展。到18世纪末，镀金和浮雕皮革——特别是屏风——被油漆皮革所取代，尽管很多油漆皮革制作得相当精美，但还是留下了皮张特有的暗痕。

采用浸软而压成形的皮革处理的深浮雕装饰护墙板，常常展示出

180

高超的技艺（图版6B）。某些情况下，组合运用了凸纹压制、表面模制、切割和冲压等技术。浮雕处理方法可能是从西班牙向周围传播的，先制出叶、花和其他基本图案的立体雕像模型，然后移印入精美的护墙板或框架中。从中世纪早期起，人们制作了各式各样的家用首饰盒和箱子，有些采用了皮革模制（*cuir bouilli*）方法，另外一些是蒙皮木箱。人们想尽一切办法，用模型法、冲压法、切割法来装饰这些皮革制品，16世纪起又开始用烫金压花，这是模仿从威尼斯发展起来的封面装帧技术。18世纪时（图139），富人和穷人都普遍使用皮革制的瓶子、饮水容器（大口杯）和水壶。

封皮 早在公元纪年时期（边码188），手稿卷轴就被抄本所替代。人们发现，把书装订在木板间用起来很方便，并用皮革覆在木板上，最终完全裹住。书籍的封皮经过精心修饰，让人印象最深的可能就是本色压花，它保留了皮革的特点（图147）。这些图案独创地运用各种小器械累积而成，为艺术技巧提供了广阔空间。但是，图案最终要在金属板中完整刻出，以使复制成为可能，这及时促成了19世纪书籍封皮浮雕版的小批量生产。封皮皮革主要使用矾鞣鹿皮和猪皮，它们的保存时间最长，或者使用植物鞣制的毛皮、牛皮和山羊皮。即使不是全部，早期书籍封皮的绝大部分都是在修道院制成的，商业装订工场至少早在15世纪便在学院所在地出现，不过质量并不总是很高。烫金压花在16世纪传到西欧，当时只在一定范围内流行，但是作品非常漂亮，充满艺术魅力（图版7A、7B）。把金子制成金叶，用烫烙铁把它印刻到本色印花上，余下的金叶用布或海绵擦去，并最终加以

回收。令人惊奇的是，实际上用掉的金子很少。另一种有点类似的方法是给书边镀金，然后将镀过金的书边打光，打光用的工具常常是燧石制的，这可能是现代工业社会仅存下来的燧石工具。牛皮纸、羊皮纸和称为书壳的低质羊皮纸也被用来做封皮，牛皮封皮有时不用木板芯，而是做成软面封皮。从中世纪起，皮革封皮的制作法基本上没有什么改变。

182

乐器 乐器中也使用皮革。排箫和风笛问世先后，还有待商榷，但如果认为管风琴是二者的结合，那就未免太沉湎于空想了。早年的管风琴中，用矾鞣绵羊皮做风管的套管和支座，以及风箱的角板。拨弦古钢琴的皮按弦是将磨光绒革做成琴弦，因而发出低沉的声音。



图 147 《温顿智书》的本色压花封皮。1148 年。

高音短号和中音黑管都是木制的，上面蒙有修剪过的常常饰有“蛇”的图案的黑色兽皮，这是业余乐队的一个共同特点。在不列颠教堂里，当清教徒的管风琴声沉寂下来后，这些管乐器便引领唱诗班的歌声。因为结构不同，这种蒙有皮革的每一件木管乐器都有一个易辨别的音调。

运输 直到不久之前，皮革行业中的马鞍匠、马具匠和马车匠仍在社会中起着重要作用，充当着重要角色。中世纪的马鞍常用皮革制成，显著特点是用高耸的前鞍桥和鞍尾（图 148）支撑着骑马人。马鞍是从 18 世纪末到 19 世纪中叶发展起来的，整个制作过程应用了皮革工艺的基本技能，发挥了皮革匠的个人特长，往往体现了皮革发展高潮期考究的手工和高超的技能。把一张睡椅绑到两根杆上，两个人分别扛起杆的两端，这是在古埃及所见到的最简单的轿（第 I 卷，图 501）。遮篷用四根杆子支撑，最初在四周挂起窗帘，后来发展到把修剪过的毛皮钉到木框上，把轿座全部围合起来。这种样式的轿用两匹马拉动，到 17 世纪时在整个欧洲都很流行。最早的四轮马车的车身很像原始的轿，用角柱支撑遮篷，四面挂上皮板，环绕车身在轻质框架上钉上布或皮革。把车身吊挂在皮革支架上，安装上玻璃窗和铰接门，马车便完全被皮革围住了。

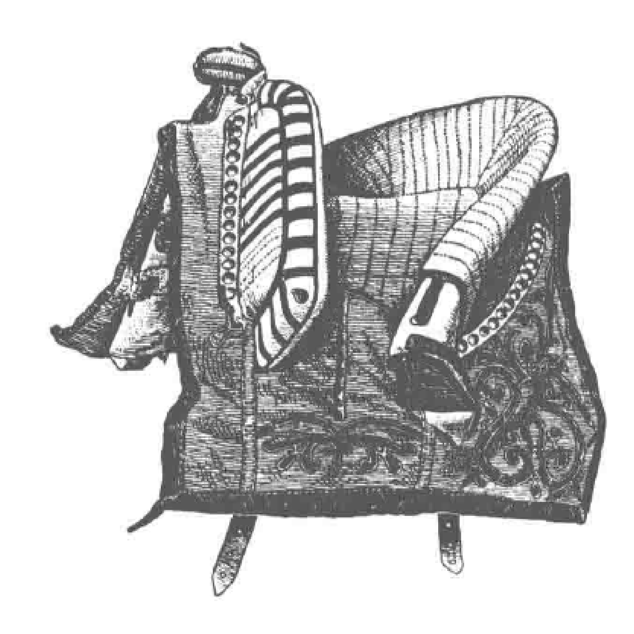


图 148 中世纪的马鞍是用母鹿皮制的，上面用贴花和黄铜钉装饰。

据说，轿子在 1634 年就已经从意大利传到英格兰[19]。它像古埃及的轿一样，也是人力轿，只有一个座位，周围被皮革包裹着，人们经常费尽心思地用绘画、黄铜制品去装饰。最早的马车也叫四轮战车，

实际上是装在轮子上的轿。它出现在大约1744年，款式发展迅速，相继出现了活动顶篷四轮马车和四轮四座马车。在这些马车中，皮革仅用于制作可开合的顶篷。对于马具来说，皮革一直是必需的。18世纪的马具制造业日益繁荣，成为技术含量很高的行业。 183

皮革从问世开始，就成为旅行者随身携带物品的主要盛放用具。中世纪的行李除了皮夹（图版3C）或皮袋之外，还包括手提袋（可能是一种柔软的大包）、衣袋和食物袋，所有这些皮革制品都用油或油脂软化，中等大小的行李放在马背上。典型的中世纪旅行箱是标准的蒙皮木箱，通常是又沉又大、表面蒙有皮革的木制箱，裹着宽铁皮带。17世纪出现了一种较轻的皮箱，用黄铜铆钉取代了铁皮带，同样起到了固定块状蒙皮的作用（图149）。小皮箱和柜型小皮箱常被精心装饰（图137），其他各款皮箱用厚实的皮片制成，皮面上用模型压出浮雕图案，把皮片蒙在用枝条编成或木制的成形容器上，然后把皮边缝合起来。从17世纪开始，低等级皮的使用也很普遍，常把鹿皮或母牛皮作简单处理，毛未褪尽便用于生产皮具。

很早以前，除了各种皮箱以外，人们还制作了花样繁多、种类各 184



图149 蒙有兽皮的箱子或旅行箱。采用带黄铜帽的钉子加固。1672年。

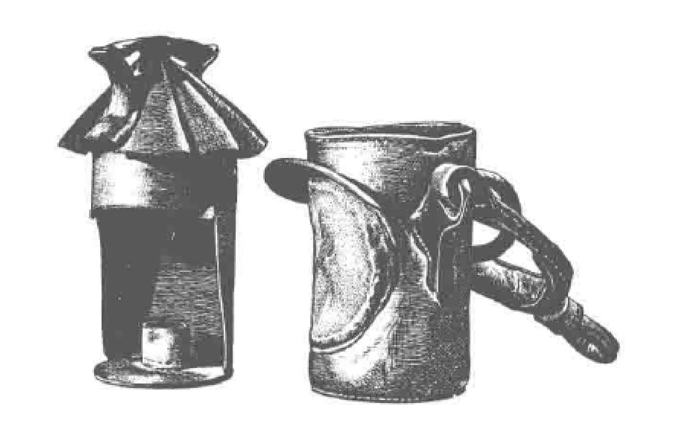


图 150 皮革做的提灯和带角孔的外罩。
英国，18 世纪。

异的包和容器，个人用品包括墨水池、钢笔盒、书包、书盒、帽箱、水盆和大口水罐，以及长颈瓶和瓶子。至少早在 1517 年，甚至连带角孔外罩的常备提灯（图 150）也是用皮革制成。

在整个古代世界，皮水袋的使用很普遍，但仅在英格兰提及过皮水袋（图 151）的制作。虽然这样的皮水袋没有留存下来，但它似乎是由两个瓶状软袋组成，水袋的中央搭在 T 形杆上。在勒特雷尔的圣诗集中（约 1338 年），利德盖特（Lydgate）描述了一个用马驮着的大皮水袋。经常施用油脂可使皮水袋保持柔软，且起到防止渗水的作用。

大型住宅储备了许多皮水桶，这是用来救火的主要工具（图 136）。17 世纪的人力抽水机用吸水管供水，改用皮软管直通水源提高了工作效率，但它的救援范围非常小，以致大火四处肆虐。在生产出高品质的纺织纤维软管之前，用铜铆钉密封的皮软管还在继续使用。7 世纪，救火队员的头盔开始使用，最初由皮革制成。

185



图 151 诺曼石刻。
表现的是扛着皮水袋的宝瓶星座。出自牛津郡诺顿教堂的洗礼盘。

相关文献

[1] Homer Iliad, XVII, 389–95. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 258 ff., 1925.)
[2] Caesar *De bello gallico*, III, 13. (Loeb ed., p. 155, 1917.)
[3] Pliny *Nat. hist.*, XVI, ix, 26–27. (Loeb ed. Vol. 4, p. 404, 1945.)
[4] *Idem Ibid.*, XXIV, xi, 91.
[5] Thureau-Dangin, F. *Rev. d'Assyriol.*, **17**, 29, 1920.
[6] Lansdowne MS. 74, fol. 167.
[7] *Ibid.*, fol. 116.
[8] Marco Polo. 'The Book of Marco Polo the Venetian Concerning the Kingdoms and Marvels of the East', trans. and ed. by Sir Henry Yule, Vol. I, pp. 394 f. Murray, London. 1903.
[9] Lansdowne MS. 74, fol. 42.
[10] Breasted, J. H. 'Ancient Records of Egypt, Historical Documents', Vol. 3, p. 251, § 589. University of Chicago Press, Chicago. 1906.
[11] *Idem. Ibid.*, Vol. 2, p. 164, § 392.
[12] Stein, M. A. 'Ancient Khotan', Vol. 1, pp. 338, 340. Clarendon Press, Oxford. 1907.
[13] Homer Iliad, X, 261–5. (Loeb ed. Vol. 1, p. 454, 1928.)
[14] *Idem Ibid.*, XX, 273–6. (Loeb ed. Vol. 1, p. 390, 1925.)
[15] Caesar *De bello gallico,* V, 14. (Loeb ed., p. 253, 1917.)
[16] Aelfric. 'Colloquy', ed. by G. N. Garmonsway, pp. 34 f. Methuen, London. 1939.
[17] Theophilus Presbyter *Schedula diversarum artium,* I, 22 ff. (Ed. and trans, by A. ILG. Quell. Kunstgesch. Kunsttechn., Vol. 7, pp. 48 ff. Braumüller, Vienna. 1874.
[18] Lansdowne MS. 74, fol. 42.
[19] Evelyn, John. 'Diary', ed. by W. Bray; new ed. by H. B. Wheatley, Vol. I, p. 192 (8 February, 1645). Bickers, London. 1906.

参考书目

Baker, O. 'Black Jacks and Leather Bottells.' Privately printed, Cheltenham. 1921.
Black, W. H. 'History and Antiquities of the Worshipful Company of Leathersellers of the City of London.' Privately printed, London. 1871.
Blümner, H. 'Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern', Vol. 1 (2nd ed. rev.). Teubner, Leipzig. 1912.
Bravo, G. A. "La lavorazione delle pelli e del cuoio dell' Egitto antico." *Boll. Staz. sper. Pelli Mat. conc.*, **11**, 75–94, 1933.
British Museum. 'The Sutton Hoo Ship-Burial' (by R. L. S. Bruce-Mitford). Trustees of the British Museum, London. 1947.
Brunton, G. and Caton- Thompson, Gertrude. 'The Badarian Civilisation.' Egypt. Res. Acc. and Brit. Sch. Archaeol. Egypt, Publ. 46. London. 1928.
Brunton, G. and Morant, G. M. 'Mostagedda and the Tasian Culture.' Brit. Mus. Exped. to Middle Egypt 1928–9. Quaritch, London. 1937.
Budge, Sir Ernest (Alfred Wallis). 'The Dwellers of the Nile' (rewritten and enl.). Religious Tract Society, London. 1926.
Capart, J. 'Primitive Art in Egypt', trans. by A. S. Griffith. Grevel, London. 1905.
Carter, H. MS. notes and sketches in possession of the Griffith Institute, Ashmolean Museum, Oxford.
Clark, J. G. D. 'Prehistoric England.' Batsford, London. 1940.
Coachmakers and Coach Harness-Makers, Company of. 'History of the Worshipful Company of Coachmakers and Coach Harness-Makers of London.' Chapel River Press, London. 1937.

186

Davies, Nina de G. 'Paintings from the Tomb of Rekhmirē at Thebes.' Metropolitan Museum of Art, Egypt. Exped. Publ., Vol. 10. New York. 1935.

Davies, Norman de G. 'The Rock Tombs of El Amarna VI.' Archaeol. Survey of Egypt, Memoir 18. Egypt Exploration Fund, London. 1908.

Idem. 'The Rock Tombs of Deir el Gebrâwi I.' *Ibid.*, Mem. 11, London. 1902.

Idem. 'The Tomb of Rekh-mi-rē at Thebes.' Metropolitan Museum of Art, Egypt. Exped. Publ., Vol. 11, New York. 1943.

Forrer, R. 'Archäologisches zur Geschichte des Schuhes aller Zeiten.' Bally Schuhmuseum, Schönenwerd. 1942.

Gansser, A. "The Early History of Tanning." *Ciba Rev.*, no. 81, 2939–62, 1950.

Grassmann, W. (Ed.) 'Handbuch der Gerbereichemie und Lederfabrikation' , Vol. I, i. Springer Verlag, Vienna. 1944.

Hawkes, Jacquetta. 'Early Britain.' Collins, London. 1945.

Hornell, J. 'British Coracles and Irish Curraghs.' Quaritch, London. 1938.

Jäfvert, E. 'Skomod och skotillverkning fran medeltiden till våra dagar.' Nord. Mus. Handl., no. 10. Stockholm. 1938.

Lambert, J. J. 'Records of the Skinners of London (Edward I to James I).' Sir Joseph Clauston, London. 1933.

Lucas, A. 'Ancient Egyptian Materials and Industries' (3rd ed. rev.). Arnold, London. 1948.

Idem. MS. notes in the possession of the Griffith Institute, Ashmolean Museum, Oxford.

Mander, C. H. W. 'A Descriptive and Historical Account of the Guild of Cordwainers of the City of London.' The Company, London. 1931.

Oakley, K. P. 'Man the Tool-Maker' (3rd ed.). Trustees of the British Museum (Natural History), London. 1950.

Partington, J. R. 'Origins and Development of Applied Chemistry.' Longmans, Green and Co., London, 1935.

Petrie, Sir (William Matthew) Flinders. 'Diospolis Parva 1899–9.' Egypt. Explor. Fund, London. 1901.

Idem. 'Prehistoric Egypt.' Egypt. Res. Acc. and Brit. Sch. Archaeol. Egypt, Publ. 31. London. 1920.

Rosellini, N. F. I. B. 'I Monumenti dell' Egitto e della Nubia' , Part II: 'Monumenti Civili' , Vol. 2, pp. 355–64. Capurro, Pisa. 1834.

Salzman, L. F. 'English Industries of the Middle Ages.' Clarendon Press, Oxford. 1923.

Schuchhardt, C. 'Alteuropa in seiner Kultur und Stilentwicklung.' Trübner, Strasbourg and Berlin. 1919.

Sherwell, J. W. 'History of the Guild of Saddlers of the City of London' (rev. by K. S. Laurie and A. F. G. Everitt). Privately printed, London. 1937.

Shetelig, H. and Falk, H. 'Scandinavian Archaeology' , trans. by E. V. Gordon. Clarendon Press, Oxford. 1937.

187 Stokar, W. von. "Vorgeschichtliche Lederfunde und Lederverwendung." *Collegium, Haltingen*, no. 796, 433–37, 1936.

Thompson, R. Campbell. "The Cuneiform Tablet from House ." in Woolley, Sir (Charles) Leonard *et al.* 'Carchemish II' , pp. 135–42. Trustees of the British Museum, London. 1921.

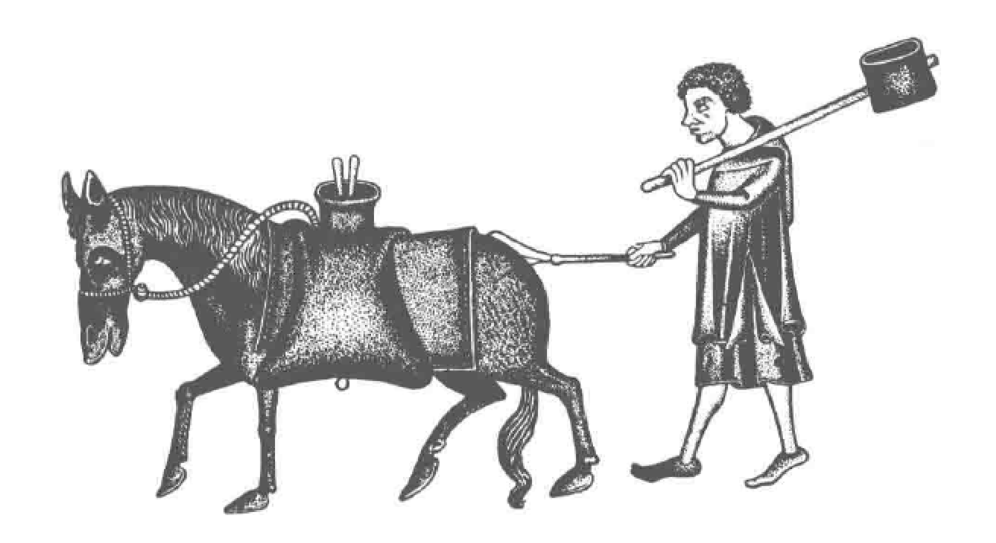
Thureau-Dangin, F. "Notes Assyriologiques: XXIX. L' Alun et la noix de galle." *Rev. d'Assyriol.*, **17** , 27–30, 1920.

Unwin, G. 'The Guilds and Companies of London.' Methuen, London. 1908.

van Seters, W. H. "Shagreen on Old Microscopes." *J.R. micr. Soc.*, **71** , 433–39, 1951.

Wainwright, G. A. 'Balabish.' Egypt Explor. Soc., Mem. 37. Allen and Unwin, London. 1920.

Waterer, J. W. 'Leather: in Life, Art and Industry.' Faber and Faber, London. 1946.
Idem. 'Leather and Craftsmanship.' Faber and Faber, London. 1950.
Wilcox, Ruth T. 'The Mode in Footwear.' Scribner, New York. 1948.



卖水人和驮着水袋的驴子。摘自《勒特雷尔圣诗集》,约 1338 年。

关于羊皮纸的注释

H. 萨克斯尔(H. SAXL)

各个时期的各阶层人士都使用了形形色色的书写纸，其中包括棕榈叶、树皮、木头、纸莎草纸、泥土、蜡、铅、亚麻布和皮革等。从罗马帝国早期起，欧洲人就越来越青睐于用羊皮纸做永久的记载。羊皮纸是一种薄片状材料，主要用牛、山羊、羔羊和绵羊等各种动物的真皮经特殊处理制成(图版 4A、4B)。与皮革不同，羊皮纸未经硝制，它是放在可拉伸的框架上(图 153，中)进行特殊的干燥处理，通常要修薄和平整表面，去除全部或大部分脂肪。然而，由于绵羊皮纸中脂肪的天然含量很高，可能会引起轻度油鞣，形成像皮革一样的材料，因而它适合做封皮及类似的物品。最好的羊皮纸其实是用牛犊皮制得的，因此叫上等犊皮纸。

188

希腊和罗马时代，用来书写的羊皮纸被切成长方形。人们把许多张羊皮纸缝合在一起做成长卷轴，有点像埃及抄写员使用的那些纸莎草纸，也类似于希伯来人和其他古代人用的软皮。长方形羊皮纸以纵栏格式书写，“纸”的长度可以根据内容需要增加，书写完后把长长的“纸”带卷起来保存。阅读时用右手展开羊皮纸卷，左手握住卷轴，读完后再把它卷起来。阅读时每次展开一两栏内容。类似希伯来语的一些文字，是从右往左写的，这就需要用右手握住卷轴，左手展开纸卷。古代的卷轴经常保存在圆柱筒里，主要是法律文本。出于某种目

的，包括不列颠在内的许多国家，一直在沿用着这种方法，拥有卷轴的人依然是身居要职的法官。

2 世纪，人们发明了把羊皮纸做成书的新方法。这种发明物叫抄本，就是我们现在所说的书。这种新方法需要把羊皮纸裁切成长方形，每张纸折叠一次即成对开，折叠两次成四开，再折叠一次则成八开，依次类推。把这些折叠纸收集起来，即可装订成书籍（*volumen*）。这个词语使人想起书同羊皮纸卷轴（*volvulus*）的历史渊源（图 152）。

远古时期，可能早在公元前 1000 年的很遥远的古代，小亚细亚人用一种粗糙的羊皮纸做鼓面。羊皮纸的拉丁文是 *carta pergamena*，据说起源于小亚细亚伊兹密尔（士麦那）附近的一个城镇帕加马。帕加马是希腊文化的一个重要中心，以其建筑、艺术以及居民的博学、勤奋而著称于世。从公元前 3 世纪起，帕加马人就用特制的动物皮来做书写材料。在埃及，纸莎草纸用于文字书写有上千年历史（第 I 卷，边码 754、边码 757）。从大约公元前 300 年起，托勒密王朝的君主们就将羊皮纸作为一种出口物品。虽然羊皮纸较昂贵也较难制备，但它的优点是能较持久地保存，特别是在气候较潮湿的地中海地区。

由于制备工艺很完善，羊皮纸慢慢地成为正规的书写材料，使用地区遍及整个罗马帝国。羊皮纸随基督教传播到欧洲的西北部，刚开始时用于礼拜仪式，后来则用于法律文本。随着读写能力的提高，羊皮纸又使用在医药和商业文件等其他方面。12 世纪以后，纸慢慢地替代了羊皮纸。纸最初是从伊斯兰地区取道西班牙传到西方的，源头



图 152　圣路加（St Luke）将卷轴上用希腊语写就的福音誊写到抄本上。
桌上放着两个墨水池，分别盛装红、黑颜料，桌上还搁着钢笔、小刀、一个罗盘和一把半圆形的刀。出自一部 12 世纪的拜占庭手稿。

189

则在中国（边码 771）。纸的合理制造技术和充分的供给，成为 13 世纪中叶促使欧洲印刷技术发展的先决条件。关于纸的内容将在下一卷中详细介绍。

在后来的 2000 年里，书写用羊皮纸的制备方法几乎没有任何改变。现代机器可以把一张厚皮分割成两三张薄皮，这在很大程度上减轻了工匠用特制刀具分割皮张的工作量，同时节省了宝贵的资源。我们手头有一些主要出自普林尼的有关羊皮纸用材、制备和使用的古代文献，下面将介绍中世纪采用的制备优质羊皮纸的常规操作方法，它们很类似特奥菲卢斯所描述的那样。

牛皮和山羊皮更适于制羊皮纸。这里所介绍的处理方法尤其适用于出生一星期的小牛的皮。小牛皮彻底洗干净之后，置于净水中浸泡 24 小时，接下来，要浸入含 30% 新配熟石灰的糊状黏稠液中。根据温度的不同，小牛皮要在石灰池中浸泡 8—16 天；池温 18—20℃时，约需 8 天。接下来，要用处理皮革用的钝刀煺毛（图 114），然后把毛皮再次浸泡到新配石灰混合液中，留置和第一次浸泡大致相同的时间，取出进行清洗，再在框架上撑开，羊皮纸的质地取决于在框架上进行干燥处理时的精心控制。羊皮纸的干燥温度应控制在 20℃左右，并在半干半湿时用凉水不断反复冲洗，直至表面呈现胶状。此后，要用传统的半月形或圆形刀削刮薄，这是一道技术性很强、精细度很高、极具特色的工序，这种方法现在仍在使用。尽管皮革由交织的胶原纤维构成（边码 149，图版 4B），但羊皮纸中的胶原纤维排列在薄片里，或多或少和纸面平行。这种结构说明了为什么半月形刀具特别适合削刮羊皮纸表面（图 153，中）。削刮后，用有许多小斑点的浮石或类似的材料磨光（pounce）[1] 羊皮纸，趁其处于伸展状态时进行干燥处理，最后切割成所需要的大小和形状（图 153）。

190

1 出自法语 *poncer*，拉丁语 *pumicare*。





图 153 （中间）在框架上撑开羊皮纸进行干燥。工匠使用一种特殊类型的半月形刀削刮皮面，这种刀的刃与刀把成直角（参见图 130）。出自一部 12 世纪的日耳曼手稿。（右）用浮石磨光做好的羊皮纸。（左）用直尺和三角板比量着裁切羊皮纸。这两幅画出自一部 13 世纪的日耳曼手稿。

参考书目

The subject is treated in full detail with an extensive bibliography in a M.Sc. Thesis, 1954, by Miss Saxl, prepared under the direction of Professor D. Burton and Dr. Reid at the Leather Industries Department, University of Leeds.

Birt, T. 'Die Buchrolle in der Kunst.' Teubner, Leipzig. 1907.

Diderot, D. and D' Alembert, J. le R. (Eds). 'Encyclopédie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers' , Vol. 11, pp. 929–31. "Parchemin." Neuchâtel. 1765.

Kenyon, F. G. 'Books and Readers in Ancient Greece and Rome' (2nd ed.). Clarendon Press, Oxford. 1951.

Merrifield, Mary Philadelphia (Ed.). 'Original Treatises' (2 vols), with translations and notes. Murray, London. 1849.

Saxl, H. "Parchment." *Ciba Rev.*, 1957. (Forthcoming.) Thompson, D. V. "Medieval Parchment Making." *Library*, 4th series, **16**, 113–17, 1935.

Thompson, Sir Edward (Maunde). 'An Introduction to Greek and Latin Palaeography.' Clarendon Press, Oxford. 1912.



一名阅读中的读者。

一手展开羊皮卷轴，一手卷起另一边，可以看到其中纵向排列的文字部分。出自一座古罗马墓葬，约 300 年。

第6章 纺纱和织布

R. 帕特森(R. PATTERSON)

191

6.1 纤维及其制备

在古代，纺织工艺已经从家庭作坊式生产发展成了一个范围广阔、组织良好的行业。古代初期，埃及的亚麻织品、印度的棉织品以及中国的丝织品就已经有了很高的制造技巧，所用设备虽然简单，但是产品质量很高。希腊人，特别是罗马人，将毛织品的编织提高到了引人注目的高水准。

欧洲其他地区一直在沿用原始的方法，制作出的纺织品质量较差，直到罗马人引入了改进后的工艺。西罗马帝国的衰落让这种高水平有所回落，但拜占庭继续不断改进纺织技能，同时通过与远东的交流，成为一个最重要的文化和贸易中心。波斯的纺织技能得益于它所处的有利的地理位置，东邻中国，东方与南方为印度，西接拜占庭。从7世纪以来，穆斯林征服者将丝绸、亚麻和棉织的制作技术，从东方的阿富汗传播到了西方的西班牙(第22章，图684)。

当11世纪的诺曼人征服和从不列颠向君士坦丁堡的移民开始培育出国际范围的贸易时，西欧的纺织行业已经在缓慢复苏。接下来的几个世纪中，欧洲的纺织制造业得到了巨大发展。随着专门化的发展，在纺织同业行会建立后，国家法规也随之制定。与此同时，沿着新的贸易路线汇聚了巨大的纺织品集市，这是中世纪生活一个最重要的特

征。国家的财富与对纺织原材料（尤其是对羊毛）和纺织制造主要中心的掌握紧密地连在一起，在英格兰更是这样。于是，诸如织布工、漂洗工、印染工以及剪羊毛工等专业职业，就从家庭职业中发展出来。甚至在中世纪相当早的时期，在意大利就出现了工厂体系的雏形。在古希腊时期几乎全部由妇女来做的各种各样的工作，现在根据操作者的性别划分开了，妇女只是在纺线上保持着垄断地位。

192

用于纺织的纤维可分成四个主要类别：(a) 动物毛，特别是羊毛；(b) 植物的韧皮纤维，最普通的是亚麻纤维；(c) 蚕丝；(d) 植物种子的茸毛，例如棉花（第Ⅰ卷，边码 447—451，图版 17B）。

(a) 羊毛

在古希腊和古罗马，人们欣赏羊毛纤维的精细度、密度、长度和颜色，因而羊毛被广泛使用，并且依靠选择品种以及从米利都、阿提卡、麦加利斯和他林敦进口高质量的品种，改进羊毛质量。普林尼（23—79）将羊毛划分为软羊毛（*molle* 或 *generosum*）、粗长羊毛（*hirsutum*）和粗羊毛（*colonicum*）[1]。粗长羊毛从高卢进口到罗马，其他种类称为 pelitum，说明在生长期间，羊毛用皮遮盖以使其更为精细。白色羊毛最为贵重，其次是来自阿普利亚的褐色羊毛，后面是来自小亚细亚地区的略带红色的品种，其他还有灰褐色和黑色的羊毛。山羊毛被用来制作粗布衣服、斗篷、小块地毯和毡拖鞋，河狸毛、骆驼毛和兔毛的用途则更为有限。

在中世纪，英格兰的羊毛在整个欧洲受到好评，羊大部分饲养在修道院内，西多会教士在饲养羊的先驱者中显得非常优秀。到 13 世纪，这种原材料直接出口到佛兰德和意大利的各大羊毛加工城市。羊毛等级仍然没有以羊的品种划分，而是以所产的地区来划分。1454 年，英格兰的羊毛列出了约 51 个等级，价格最高的来自什罗普郡、赫里福德郡和科茨沃尔德，中等水平的来自林肯郡、汉普郡、肯特、埃塞克斯、萨里和萨塞克斯，最便宜的则来自坎伯兰、威斯特摩兰和达勒

姆[2]。15世纪末以来，欧洲大陆的羊毛有了改进，尤其是在西班牙，那里的优质羊毛出口到当时最大的加工中心佛兰德。过去，对欧洲大陆羊毛质量的改进被归功于引进了英国公羊，但它们在1338年被英格兰禁止出口，1425年再次被禁止出口。

193

羊毛原料纺成线之前，必须分成几个等级，清除污垢杂质，去掉天然的盐和油脂，还要做成没有缠绕的均匀净毛。根据普林尼的说法，羊毛起初是从羊身上拔下来的，可能是古罗马人最早使用了羊毛剪。羊毛剪的设计非常现代，两个三角形刀片接在一个U形弹簧上，羊毛被一片一片剪下来（图154）。我们对希腊和罗马的制作技术知之甚少，虽然荷马提到过梳理（见后文）是一种普通的家庭作坊技术，普林尼则叙述了使用梳片整理蚕丝和亚麻[3]。梳片无疑是用来梳理羊毛使它更加蓬松，以适合制备用于纺织的粗纱。



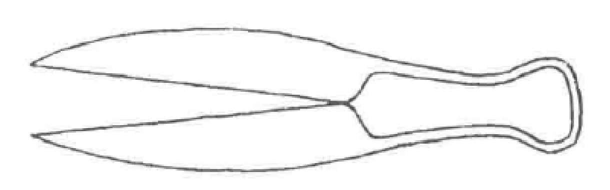


图154　剪羊毛。来自佛兰德的《格里马尼祈祷书》，约1500年；（下）一把罗马时期的羊毛剪，形状与中世纪的羊毛剪相同。来自意大利，公元前3世纪。

在中世纪，对羊毛的预处理非常仔细。首先，要剔除损坏的部分，并且将羊毛分为精、中、粗三个等级[4]，然后在碱液中洗涤除去油脂，再放在阳光下干燥，平铺在木板上，用小镊子和小剪刀除去沙砾和其他杂质。在佛兰德，羊毛根据产地的国家、省份甚至城镇来分类。活羊剪下的毛与死羊剪下的毛、小羊与老羊的毛要区分开，混合不同种类的羊毛是一种违法行为[5]。

虽然英格兰能生产最好的羊毛，但这一时期英格兰的毛织品相对来说比较粗劣，其中一个原因就是羊毛分类不仔细。洗涤和干燥后，用木棍拍打羊毛，除去杂质并使纤维松软，最后再上油，准备梳理或精梳。

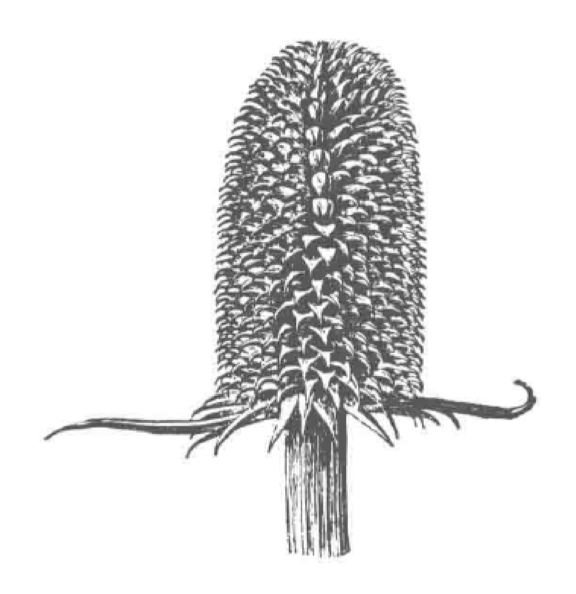


图 155　缩绒工的起绒刺果（起绒草）。

梳理　这是开松纷乱缠结的羊毛，直至羊毛均匀、纤维蓬松。梳理这个词来自拉丁文 *carduus*（蓟），蓟头曾被用于开松羊毛，更经常使用的是起绒刺果（起绒草）的头（图 155）。13 世纪时，法国有金属外壳的“梳理机”的记载[6]，首次有插图描绘则是在 14 世纪早期（图 167）。这种梳理工具包括一对约 9 英寸 ×6 英寸的木板，每块板边都带有木把手，每块板的一面上包裹有皮革，一排排的金属齿穿过皮革斜着伸出木板。直到现在，手工织布工仍在使用这种工具。

194

将少量的羊毛放在一块板上，用另一块板的齿面缓慢梳拉，羊毛很快变得均匀地分布在两个板齿之间。这时，把一块板向相反方向拖动，这样就将所有的羊毛收集在一起，成为一个松软而有弹性的羊毛卷。它适合于纺纱，经常被松散地挂在手工纺纱杆的端头上。羊毛卷内的单根纤维在各个方向上相互交叉，使得生产出的纱线松软，最后织成的羊毛织品具有松软的质地，与绒线织品有相当大的差异，因为绒线织品的纤维是平行的。在佛兰德，直到 1377 年之前，梳理过的羊毛一直仅用于粗织品和帽子的制造。在那之后，与精梳过的经纱结合，它被允许用作精细织品的纬纱[6]。

精梳　作为梳理的替代方法，精梳可追溯至荷马时代，普林尼也提到过它，古代的精梳机可能类似于更早的埃及亚麻梳机。西方的

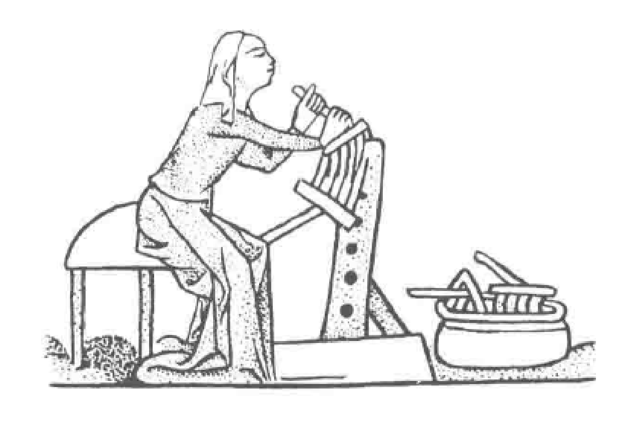


图 156　手工梳理羊毛。出自一份 14 世纪早期的手稿。

羊毛精梳大概从 9 世纪在法国开始，但是直到 12 世纪前，并没有中世纪欧洲精梳羊毛的直接证据，在那之后，它才变得众所周知了（图 156）。

一本 15 世纪意大利的读本[7]叙述道，羊毛精梳前先用水喷和油浸，梳片要加热以利于梳齿的移动，而且要连续进行精梳直到全部羊毛转到空梳片上。这种操作重复多次，最后精梳过的羊毛被拨取下来成为一个绒团。羊毛绒团只含有长的平行的纤维，短纤维仍然附着在梳齿上。用这种长纤维纺成的线，结构均匀、结实耐用，织成的精梳织品具有不起毛的光滑表面。短纤维用于其他用途。



图 157　用于制备纺纱用羊毛的弓。手艺人右手握着一个拨弓弦的工具。出自威尼斯公爵宫殿的一幅壁画，显示了羊毛商人的标志。1517 年。

195

拨弓　这是第三种中世纪制备纺织用羊毛的方法。弓有一个长的木框，框上安装着绷紧的弦线或肠线。它的使用可以在 16 世纪威尼斯羊毛商人的标志中看到（图 157）。手艺人对铺放在工作台上的羊毛进行操作，用一块木条或骨头拨弹弓弦，让弦在羊毛中间快速振动，使缠绕的羊毛分开，产生类似梳理的效果。如今，一种用途非常相似的弓仍然在印度和欧洲的部分地区使用。1409 年，康斯坦茨的羊毛工人抱怨不应当用弓去弹棉花，应该保留它用作羊毛的梳理

工具。但是，地方官员允许了这种新的用途[8]。

(b)亚麻和大麻

亚麻制品是由亚麻纤维编织而来的，野生亚麻有好几种，但是只有人工种植的一年生亚麻(*Linum usitatissimum*)才有经济价值。希腊人和罗马人都从埃及进口最好的亚麻，因为亚麻在埃及广泛种植，而且质量最好。除了关注一种能够生产食用油的亚麻种子(亚麻子)，希腊人忽视了对这种植物的种植。农业方面的古典作家除了论及亚麻是重要的进口品外，也很少谈到它。维吉尔(公元前70—前19)[9]和普林尼认为，亚麻使得土壤贫瘠。普林尼说，亚麻的种植在意大利北部潮湿肥沃的土壤上发展迅速[10]。然而，西班牙早就以它的亚麻而闻名，有记录称士兵在坎尼战役中穿着西班牙的亚麻布长外衣(公元前216年)。根据普林尼的观点，亚麻在高卢很常见，尤其是在低地国家。在高卢和日耳曼的亚麻制品之后，类似亚麻衬衫和带兜帽的上衣这样的新款服装也传到了罗马。中古拉丁语单词*camisia*(无袖衬衫)，可能就起源于高卢语。

整个欧洲在中世纪都种植亚麻，虽然埃及的纤维直至约1300年仍保持着至高无上的地位。到18世纪为止，亚麻一直是西方国家中最重要的植物纤维。

在中世纪，亚麻的用途被广泛扩展。根据亚麻加工工具的绘图，以及在欧洲边远地区仍然一直使用的方法，可以复原出亚麻的处理技术。在埃及，亚麻植物被拔出来而不是砍下来，因此在那里的亚麻制品中偶尔可以发现有莠草的纤维。亚麻种子的荚膜必须用手或者用梳篦除去，茎上亚麻纤维与木质组织的分离，是由一种称作"沤"的发酵方法来完成的，普林尼有过具体的描述。亚麻植物茎浸泡在阳光晒热的水中，再悬挂起来，直到茎皮变得疏松[11]，然后再在太阳下不断翻晒。这种加工方式一直使用至今，只是在沤的方法上有些改进，会用河水、露水甚至雪水来发酵。

196

接下来，要用机械从沤过和干燥过的茎上把纤维抽取出来。第一步是粉碎木质组织，在埃及是将茎放在木头或石头做的砧板上用木槌击打，木头砧板的表面有时要加上斜拉条。14 世纪时，大概是荷兰人发明了沿用至今的亚麻粉碎器（图 158）。它有两条厚木板，两端固定在一起，第三条木板或叫作刃板的一端用连轴方式固定，使它可以压进前两条厚木板之间。亚麻茎横放在固定的厚木板上，然后压下刃板将木质组织粉碎。操作者用一只手翻转移动一束亚麻，同时用另一只手操作刃板，直到茎被充分粉碎。

在科普特人的埃及，使用铁梳篦梳理粉碎过的茎，除去木质组织。中世纪期间，引入了一种中间加工过程（图 158 左）。在这个过程中，粉碎后的茎被放在工作台的边棱上，用平板木铲的边刃击打，击打时要十分小心避免损伤纤维。还有另外一种加工操作，则是模仿使用连枷脱谷的方法（图 65）。其后，使用梳齿一次次梳理亚麻，以割开、分离纤维的维管束（图 159）。在埃及使用的梳片一直持续到近代，几乎没有什么改变。分割纤维时要小心，不要使它们受到损坏。在罗马时期，粉碎过程产生的废纤维被用来做绳子和灯芯，后来又被用来做麻袋片。梳理产生的废纤维，则被用来做价格便宜的粗亚麻服装。

197

希罗多德（Herodotus，约公元前 480—前 425）提到了大麻（第 I



图 158　亚麻茎的制备：（左）用木铲击打，（中）使用亚麻粉碎器。取自一幅表现季节性劳动的 16 世纪木刻画。



图 159　梳理亚麻。取自 14 世纪的一本带插图的普林尼手稿。

卷，边码373)，色雷斯人用它做服装，在外观上与亚麻服装非常相似[12]。然而，除了用来制绳或许还用来制船帆以外，没有发现希腊人和罗马人把它用作任何其他用途的证据。真正的大麻来自里海西南地区的一种当地产植物 Cannabies sativa，但是纸莎草、细茎针茅(Stipa tenacissima L)、欧椴树皮以及某些其他植物种类，都曾在不同时期被当作大麻描述过。

(c)蚕丝

蚕丝是 Bombicidae 科几种蛾的茧丝。最重要的蛾是 *Bomby xmori L*，它的幼虫蚕最适合用白椴树(*Morus alba*)的叶片饲养。

蚕丝用在纺织品上起源于中国，可追溯至很早的年代[13]。在汉代(公元前206—公元220)，丝织品就有出口，并成为西方贸易中极受追捧的产品。蚕丝可能不为古希腊和共和国时代的罗马所知，它在西方由1世纪的作家首次记载，被视为一种从远东进口的非常昂贵的织品。中国人对蚕丝的制造工艺严格保密，罗马作家把蚕丝描写成一种从某些树叶或花瓣上下垂的细丝，是一种非常精致的羊毛或棉花。即使那些知道它产于某一种昆虫的人，也不清楚它的制造方法。丝织物被拆散从而获得纱线，然后分成细纱，与亚麻或羊毛的经纱或纬纱一起织成丝织品。这种丝织工业从2世纪开始在东地中海地区，特别是在埃及、叙利亚和巴勒斯坦兴起，4世纪时在君士坦丁堡和波斯发展起来。在欧洲出现养蚕业前后的许多世纪里，丝织原料和丝织品都是沿着“古丝绸之路”(Old Silk Road)横跨亚洲被带到欧洲的。除了丝绸之外的许多其他物品，也通过同一条路线进行交易(图684)。

530年，在拜占庭皇帝查士丁尼(Emperor Justinian)授权下，欧洲第一次尝试生产蚕丝，传说蚕卵可能是从于阗(Khotan)放在空心的竹竿中运到君士坦丁堡的。然而，直到12世纪，远东一直是蚕丝的主要原始产地。

养蚕业兴盛于10世纪时的西班牙和12世纪时的西西里和意大利，

198 那时西方早已有了丝绸织品或丝毛混纺织品的编织。意大利变成了欧洲丝绸业的主要地区，中心在卢卡。中世纪结束前的一段时期，养蚕和丝织开始在法国发展起来，在英格兰也有规模略小的丝绸业。

在一部12世纪的中国著作中，可以找到一些详细并有插图的养蚕方法的介绍[14]。蚕卵浸在细心调节过温度的盐水中，幼蚕从蚕卵中孵化，在长时间睡眠和短暂的进食期间，需要不停地照料它们。然后是幼蚕"苏醒"，3天后必须每半小时喂一次新鲜的白桑树树叶。用于纺丝的蚕从蚕群中分拣出来，颜色差或吃得太快的蚕被筛去。当蚕完全成熟后，把它放在稻草托盘上，并温和地加热以促进蚕吐丝成茧。到一定时候，健康的蚕从特殊的腺体中分泌出黏性液体，与空气接触后形成蚕丝，把自己封裹在蚕丝所形成的茧中。两三个星期内，蛾就孵化出来，咬破蚕茧。"苏醒"后存活的每1磅幼蚕，在通常年份能产出12磅的蚕丝。

制备丝线的第一步是缫丝。将蚕茧放入沸水中浸泡以软化胶质的茧壳材质，并用木棍搅动蚕丝附着的端头。这些蚕丝缠绕在簍子上（图160），越过一个高架的竹竿以便晒干，簍子的主轴上安装一个操作者可以转动的曲柄。在16世纪的佛罗伦萨，一种非常相似的设施仍在使用着（图版8）。蚕丝太纤细，不能单根缠绕，只能多根——通常是3至8根——一起绕在簍子上。操作者必须保证扯断的丝线重新接上，如果观察到蚕茧停止了转动，那就是说丝绪断了。199 维持绕线粗细均匀需要很高的技巧，因为蚕丝朝着茧中心变得较细。一个人每天一般可以绕一磅重的生丝。从有孔或缠结



图160 从开水木桶里的蚕茧中抽出蚕丝。蚕丝绕在簍子上（左）。出自1696年的一幅模仿13世纪插图的中国木刻画。

的蚕茧中绕出的丝不能纺线，必须像羊毛或棉花那样纺成纱。

(d)棉花

欧洲很早就进口棉花了（第Ⅰ卷，边码373—374、边码449）。希腊人通过亚历山大大帝（卒于公元前323年）的战争知道了印度棉花，泰奥弗拉斯托斯（约公元前371—前287）提到了印度人一排排地种植灌木丛式的棉花[15]。与他同时代的阿里斯托布卢斯（Aristobulus）叙述道，他们把种子从荚中剥离出来，以便获取纤维，"纤维像羊毛一样精梳"[16]。由于棉花纤维太短，不能用手梳理，所以他所说的可能是应用一种梳理工具（边码193）。罗马时期，棉织品在马耳他被大规模生产，不过，凭借着色泽洁白和纤维精细，来自印度的棉制品一直受到赞赏。在波斯湾地区，以及阿拉伯半岛、叙利亚、小亚细亚和埃及，棉花也有种植。

在许多种类的棉作物中，普林尼区分了植株矮小的埃及棉和稍高的印度棉。一个世纪后，希腊辞典编纂家波卢克斯（Pollux）确认了这种区分，并且描述了棉花的应用——纺织成纬纱，与亚麻经纱织在一起使用。这是对交织织物的首次提及，这种粗斜纹布[源于开罗的一个郊区福斯塔特（Fostat）]——后来成为欧洲棉织工业的最重要的产品。

在中世纪的记载里，棉花也种植在马其顿、色萨利、黑海海滨和中国。8世纪，棉花由摩尔人引进到了西班牙，棉花加工在那里变得非常重要。12世纪，棉织工业从西班牙扩展到了意大利和法国，13世纪扩展到了佛兰德，14世纪扩展到了德国，15世纪甚至扩展到了英格兰[1]。中世纪各种棉花中，最好的来自叙利亚的埃辟法尼亚（Epiphania，即哈马）和阿勒颇，质量次之的产自小亚美尼亚和大马士革地区，再差一点的来自叙利亚海岸和塞浦路斯[17]。比地中海东部沿岸诸国和岛屿更低劣的棉花是从欧洲来的，其中质量稍好一点的

1 在英格兰，粗羊毛织品通常称作"棉织品"，这造成了记载解释的很多不确定。

来自阿普利亚，较次的来自卡拉布里亚和马耳他，质量最差的来自西西里岛。15世纪，叙利亚和塞浦路斯棉花大量供给德国南部的棉织工业，不过埃及棉花依然凭借精致、纤维长和结实而备受赞赏。

200 在15世纪的贸易规则中，棉花的加工细节规定得很清楚。棉花在运输时被压进大捆的棉花包里，取出后铺放在柳编或铁编制的框架中，用木棍击打让它蓬松起来，棉籽和沙粒杂质通过框架的缝隙被除去。一般使用弓来开松棉花纤维，就像开松羊毛那样（边码195）。经过梳理并纺成纱线后，放入木灰碱液中煮沸，有时要加入一些石灰。在德国，废弃的纤维压缩成毡（边码214—216），毡产品用于生产防雨斗篷。

6.2 纺纱

(a)羊毛和植物纤维

纺纱是将纤维抽出并绕成连续的线的过程。蚕丝本身就是一种天然的连续细丝，纺纱和蚕丝一样是编织的必要前提。它的悠久历史已在第Ⅰ卷中讨论过（边码424—425）。

纺纱几乎一成不变地由妇女来做，纺织工具在名称标记上也与201 她们有关联。英语中，未婚女子称为spinster，家庭中的女性统称为母系（distaff side）。在古典时期，纺专（即纺车）被用于纺纱（第Ⅰ卷，图268、图273、图276、图280和图281）。中世纪欧洲采用了一种简单的机械形式，它是带轮子的纺专（边码202）。在中世纪末，有天赋的发明家们做出了更复杂的机械，那就是加有锭翼（图168、图169）和踏板的纺车。

下层民间的手纺，只是用手指简单地抽出和捻接纤维。希腊人使用一种简单的手纺技术生产松散的粗纱，然后使用纺专纺成纱线（第Ⅰ卷，图281）。纤维被抽出来，轻轻地绕在腿上（图162）。左手握住梳理过的纤维，脚搁在一个特殊的支撑物上，随着粗纱绕在右手掌和

腿胫股之间，纤维被慢慢地抽出来。一种凹形的瓷瓦被称为纱轴(*epinetron*)，形状与弯曲的膝很匹配，有时也用作这个用途(图 163)。这样的瓷瓦上通常有很粗糙的“鱼鳞”样表面，便于粗纱的卷绕，麦秸编制的篮子用来盛装制备好的粗纱和纺纱用具(图 162、图 163)。

把纺过的纱线绕在一个轴棍上，再加上一个吊锤或旋坠作为飞轮，它就变成了纺专。从古希腊到 15 世纪，这种设备及其用途几乎没有什么变化，而且在很大程度上取代了其他的纺纱方法(图 161)。



图 161　使用纺轮和手工锭杆的纺纱女子。出自一只古希腊酒壶，公元前 5 世纪。



图 162　将羊毛纤维绕在腿上准备纺纱，备有搁脚的支撑物。出自阿提卡的一只杯子，公元前 5 世纪。



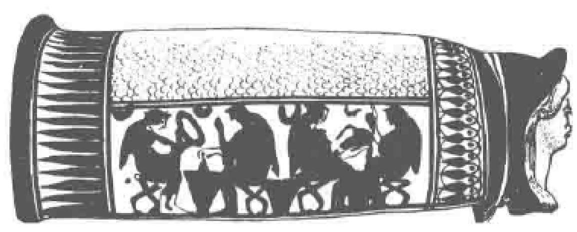


图 163 在绕羊毛线中使用纱轴。来自公元前 5 世纪的纱轴上的一幅绘画；（下）一块公元前 6 世纪的纱轴。

罗马的纺纱方法与希腊非常相像。操作者一般坐着，使用手工锭杆纺织纱线。佛罗伦萨的一个花瓶绘画的细节显示，纤维作为预先制备好的粗纱绕在锭杆上。卡图鲁斯（Catullus，约公元前 87—前 54）描述了纺纱过程，并且注意到在纺专顶部有一个切口或槽口用来安装纱线，虽然现存的纺专大多具有平滑的端头以使纱线可以环状旋转（图 164）[18]。

经常可以找到石头、黏土、金属、骨头或木制的纺轮和旋坠，偶尔数量很大，例如在迈锡尼。希腊和罗马的短杆式手动纺专被引进到了埃及（那里现在依然在使用），在中世纪的意大利也有它的绘图（图 165）。长一点的手动锭杆插在腰带上或者夹在胳膊下，使用于罗马帝国早期。

在中世纪，一种锭杆（图 166）作为新技术代替了手工纺专。它直接从备好的纤维中纺纱，而不使用粗砂，操作者一只手转动纺专，另一只手抽出纤维。纺专一般有一个线环或线架来引导纤维，偶尔也固定在地面或低矮的工作台上（图 173）。

纺轮和纺专的尺寸和重量，由所要求的纱线长度和使用的纤维来确定。石制纺轮通常用于亚麻，木制的纺轮则用于羊毛和棉花的纺纱。较重的纺轮用于双股或加粗纱线，以取得更加匀称、强韧的效果。纺专纺纱可以生产出非常纤细然而结实的纱线。

即使在采用纺车后，人们依然宁愿使用纺轮和锭杆，而且常常

强制性地用于经纱的纺织。这种偏见一直持续到了15世纪，那时在佛罗伦萨还在使用纺车纺织纬纱[19]。但是，手工纺纱毕竟速度很慢，纺纱很早就实现机械化就不足为奇了，纺车则是第一批出现的连续转动运行装置之一（第I卷，第9章）。然而，欧洲直到13世纪才知道纺车。最早一批直接提到这种设备的文献，包括1298年施派尔的纺织品商人同业行会规章，它禁止机纺纱线用于经纱。

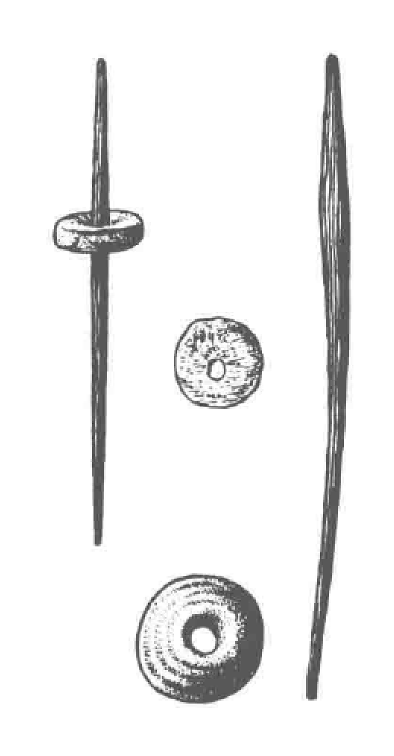


图164 罗马的纺轮和纺专。发现于伦敦。

已知最早的有关纺车的插图（14世纪早期）显示它是手工操作的。另一个1340年前后的彩饰画（图167）描述了一个类似的轮子，它带有安装在水平放置的纱锭上的滑轮，驱动

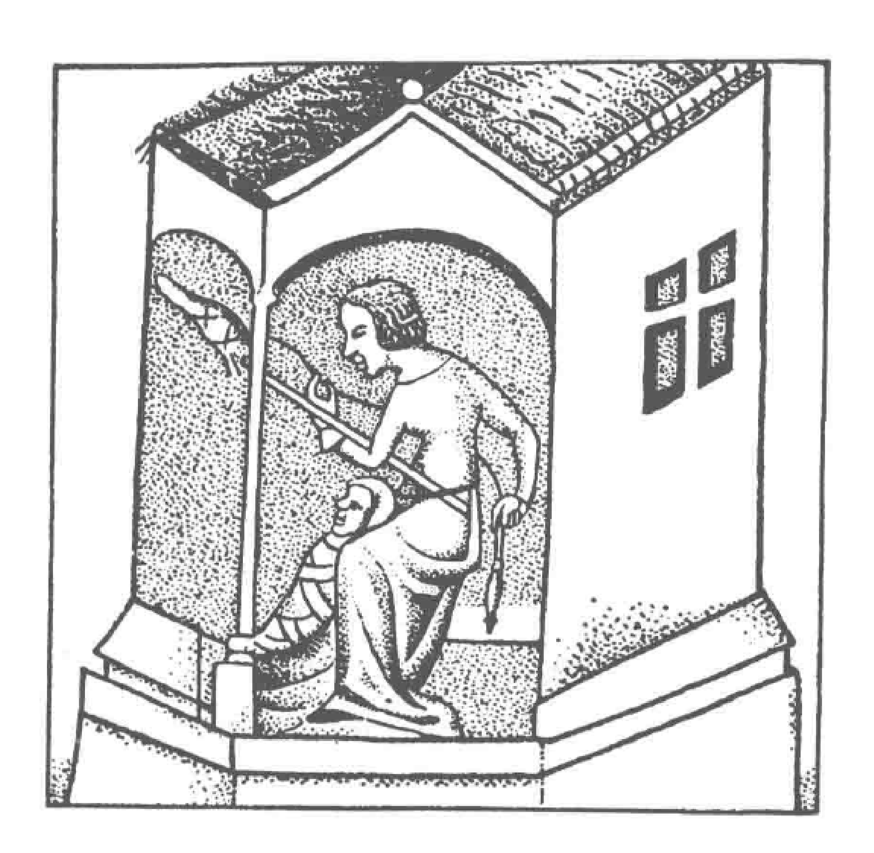


图166 用长杆式纺纱杆纺纱。纺纱杆夹在腰带和胳膊、腕上，腾出两手。出自法国14世纪的一本亚里士多德手抄本。



图165 使用短杆式纺织杆纺纱。摘自一部1023年意大利的手稿。

绳交叉横跨在上面，在轮子以顺时针方向转动时产生一个S形捻动纱线的动作[第Ⅰ卷，图268(B)]。

用纺车纺纱时，右手保持轮子转动，同时左手拿着备好的纤维，未纺过的纱线从纤维延伸到锭尖，锭尖同它的轴成一个约45°的角度。锭子每转动一圈，纱线的最后那圈就从锭尖端头上滑落下来，加捻一次。随着这种加捻的操作，纤维被抽出来，直到左手臂完全伸展开为止。接下来，将纱线与锭子转到成直角的位置，锭子反方向开始新的转动，在把纺过的纱线卷在锭子上之前，把纱线从锭子末端拿到卷线的位置处。因此，操作是断断续续的，包含有纺纱和卷纱两个完全不同的动作，顺序则与纺轮和锭杆相同。可以将纺车看作是机械化的纺轮和锭杆，通过将锭杆水平安装在轴承之间并在纺轮上刻槽，使其成为一个滑轮。纺车曾经被普遍使用，现在仍在偶尔使用。

锭翼使得同时纺纱和卷纱成为现实，它的起源仍然不得而知。第一次出现在一幅1480年前后的插图时，它已经被加入了设计非常完好的典型的飞轮结构，不能不说是经历了相当长的演变发展的结果(图168)。锭翼含有两个臂，架在中空的锭杆上，滑轮安装在臂的一端。在这个锭杆上自由转动的是带有另一个独立滑轮的卷线筒，它安装在锭翼的两个臂之间。两个滑轮由两条绳索——更确切地说是一条绳索绕了两圈——连接驱动轮来驱动，由于卷线筒上的滑轮比锭杆

204

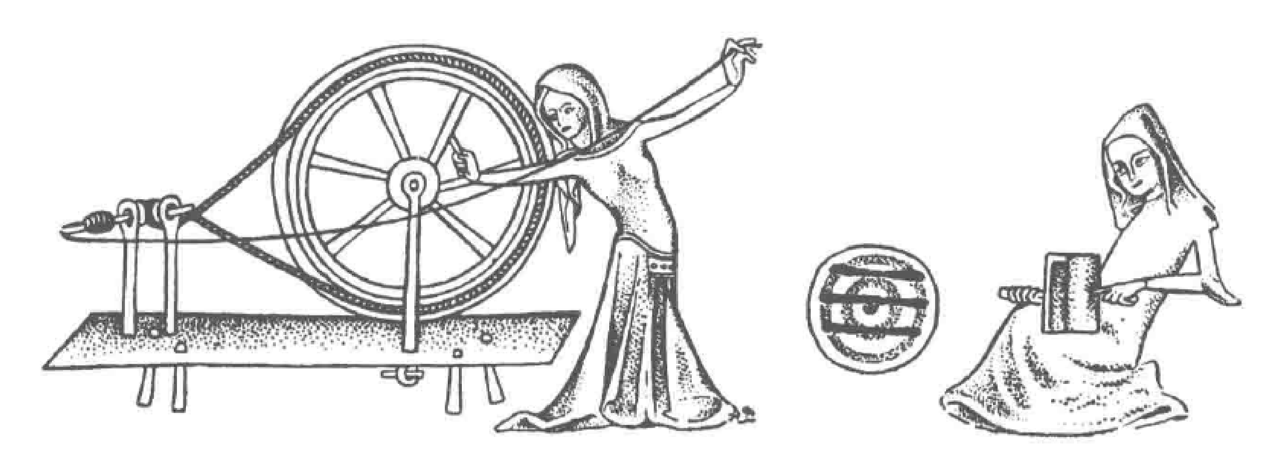


图167　纺轮。出自《勒特雷尔圣诗集》，约1338年。右侧一妇人在梳理羊毛。

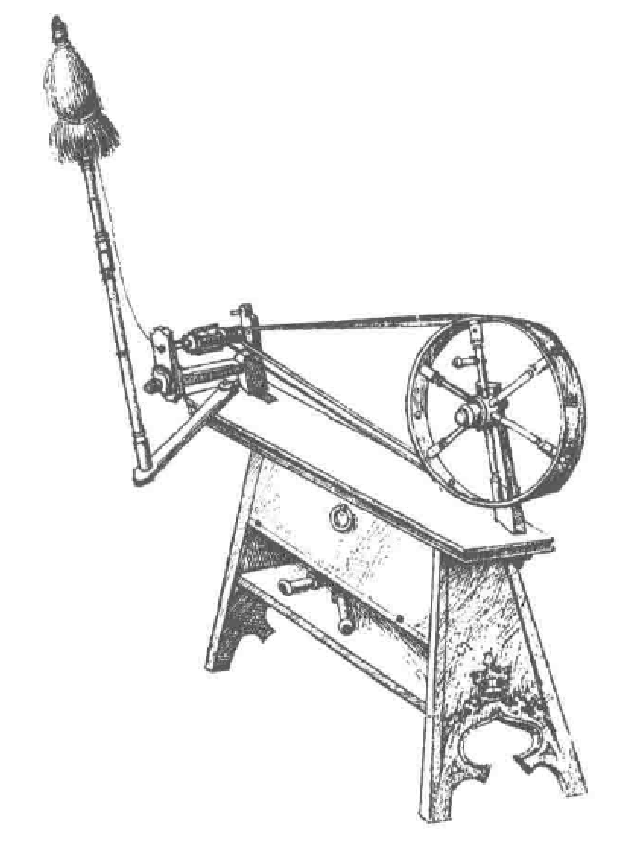


图 168　带飞轮的纺车。出自《中世纪的家庭读物》，约 1480 年。

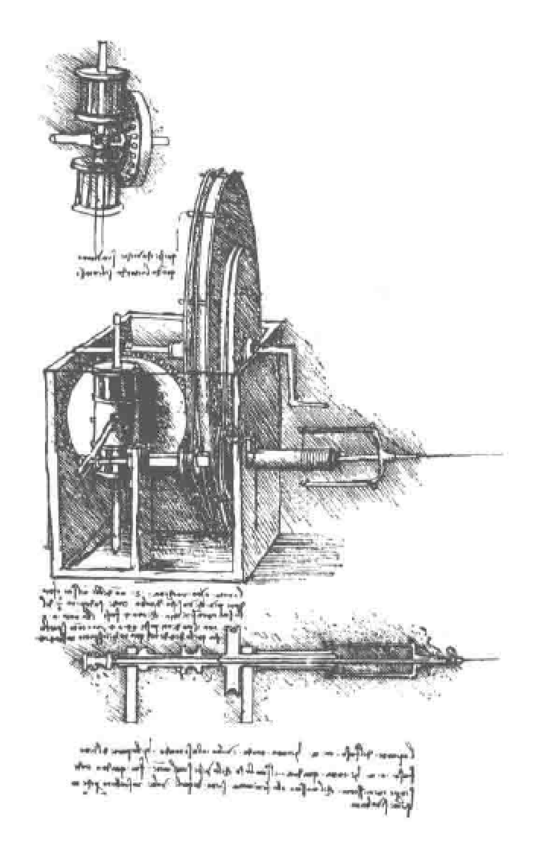


图 169　达・芬奇绘制的纺车。出自《大西洋古抄本》(*Codice Atlantico*)。

上的滑轮直径小，锭杆会比卷线筒和锭翼转得更快。纱线通过中空的锭杆的一端，经过一侧上面的孔口，挂在锭翼的一串小吊钩上，并被连接到卷线筒上。当锭翼转动时，每转一圈就加捻一次，由于卷线筒比锭翼转动要快，纺过的纱线渐渐绕在卷线筒上面。操作者用手转动驱动轮，以适合的速率抽出纤维来生产纱线。

由于卷线筒（或叫筒管）的直径随着纱线绕在上面而逐渐加大，绕线加快带来单位长度的纱线捻回变少了。顾及这种情况，操作者回拉纱线，这样在充分加捻前，纱线不会绕在筒上。为防止扯断纱线，卷线筒必须自由滑动，靠调整驱动绳索的张力来确保这种状态。这种处理使轮子具有"筒管优先"的特性，即筒管的卷动快于锭翼，但是，"锭翼优先"时也可以获得类似的结果，这时卷线筒转动比锭翼要慢。小吊钩使得在纺纱进行时，可以通过定期重新把纱线移到另一小吊

钩来调整绕线位置。筒管满线时可以取下来更换，这时要松开臂上的螺母，取下锭杆滑轮。

205 达·芬奇(Leonardo da Vinci)展示了一个非常相似的锭翼结构(图169)[20]。这个设备自动地分配筒管上的纱线，从而消除了纱线从一个吊钩移到另一个吊钩时的停顿。一系列的排钉和笼形轮使一个杠杆慢慢摆动，杠杆叉形端头同飞轮锭杆相接触，随着纱线绕在筒上，锭翼自动地横越筒管。从任何早期的纺车上都不能对这种原理有所了解，所以它在18世纪再次被独立地制作出来。锭翼轮子将纺纱和卷纱转变成一个简单的连续动作，使得纺纱工可以坐着操作，使用脚踏板来驱动轮子，这是在大约15世纪末第一次见到的。

13世纪博洛尼亚的捻线车（边码206）与纺织装置非常类似，由此可以推断简单的纺车一定在已知的记载前很久就使用了。这也对锭翼的起源提供了一些线索，因为转动着的锭杆和筒管的结构系统带有S形自由旋回尾翼，将纱线引导到卷线筒上，显示出在纺专和纺车之间可能存在一个过渡阶段。如果有导纱器，这个系统反过来使用，毫无疑问可以用来纺纱，并且有筒管优先的特点，否则自动横过来分配纱线就是唯一需要增加的条件。用于生产经纱的纱线常常向右旋转来纺(Z捻)，纬线则向左旋转(S捻)(第Ⅰ卷，边码424)。

(b)蚕丝

缫丝后的蚕丝要加捻，以防止随后分开成单根的丝条。籰子上的蚕丝被两根或三根一股地绕在筒管上，以便增加强度并使丝线粗细均匀。中国的笼形卷线轴（图177）可以安装在一个水平主轴上，206 转动四个臂中的一个来卷线，早期引入轮子来卷线是一个相当大的进步。

蚕丝最后的加捻是一个类似纺纱的过程。早期的卷筒络车大概是在近东和远东都有发现的那种辐条络车（图170）的一种改型。辐条顶端用一条绳索连成之字形，构成卷线面，再增加一个水平安装的锭

杆，带有驱动卷筒的绳索，就构成了一个卷筒络车。未加捻的蚕丝线束可以绕在这个锭杆上，丝线束末端从锭尖拉出，就产生加捻动作，如果锭杆转动的同时拉出丝线，就会将丝线完全加捻成线。这个工序与用于纺羊毛、亚麻和棉花的纺纱工序相反，蚕丝纤维的连续性使它成为可能。

尽管使用这种纺车的纺纱工序断断续续，丝线的加捻却是连续的。这解释了很早就发明了高度发达的捻线车的原因，例如据说由来自卢卡的流亡者1272年在博洛尼亚制造的那种捻线车。13世纪期间，意大利的蚕丝加捻技术确实有了很大改进。

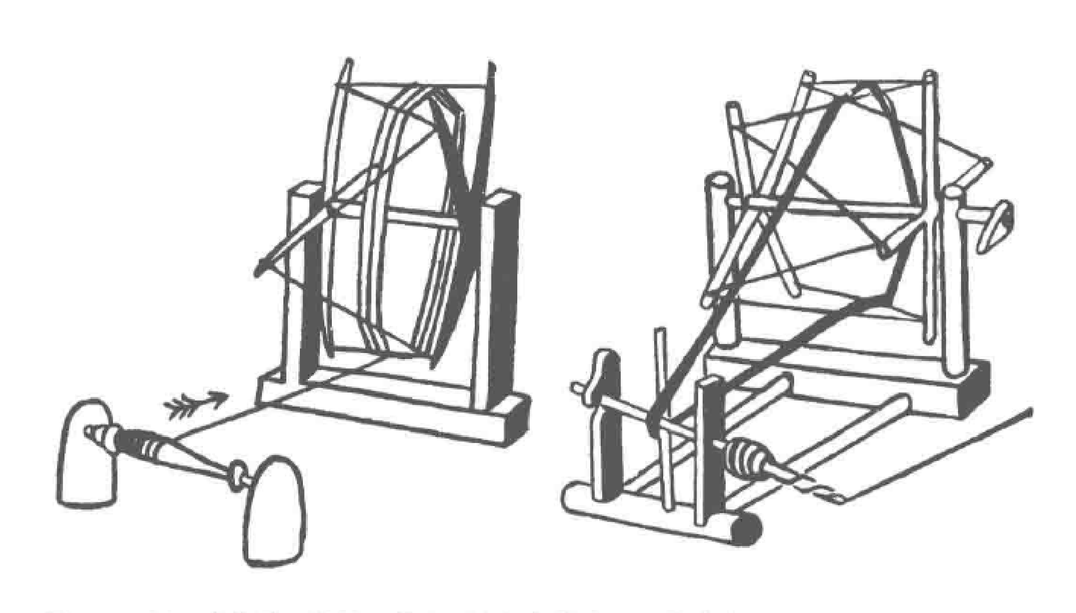


图170　用于卷绕蚕丝线的现代暹罗的辐条络车和卷筒络车。

这些发明受到了严格保密，因此我们对卷绕机械的历史一无所知。然而，14世纪卢卡的一份文献[21]以及一张15世纪佛罗伦萨的原始示意图（图171），说明最早期的捻线车与17世纪的捻线车相似（图172）[22]。它包括两个直径约16英尺的同圆心木制圆框。外圆框是固定的，有两排竖立的锭杆，每排锭杆上面有一排水平放置的卷轴。内圆框围绕一个垂直轴转动，外圆框摩擦在锭杆和卷轴机构上，使它们转动。每个锭杆上安装着牢固的线轴，在线轴上方，线成S形转动在

207



图 171　15 世纪一台蚕丝捻线车的示意图。取自佛罗伦萨的一部手稿，1487 年。

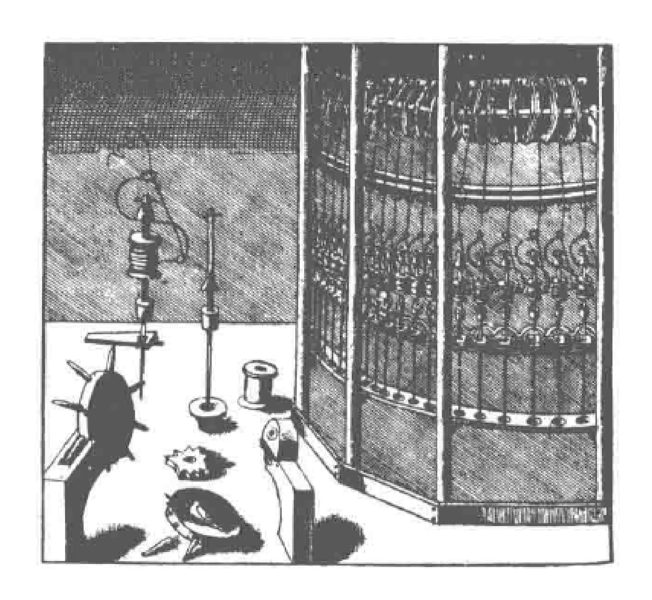


图 172　宗卡（Zonca）绘制的水力驱动的蚕丝捻线车。1607 年。

碗形帽上面。未加捻的蚕丝线从线轴通过，经过 S 形线翼端头的孔眼延伸到卷轴上。当锭杆转动时，线轴随着转动，丝线被加捻。随着丝线被卷轴拉上去，线翼自动地转动并引导丝线。卢卡的文献表明，捻线车两排各有 12 个卷轴，每个卷轴带有 10 个锭杆，总共有 1000 个线轴、240 个锭杆和数量相近的碗形帽（coronelle），以及用于插锭杆的玻璃插座。1385 年描述的一台捻线车中，带有 4 排锭杆和卷轴。另一台捻线车中有 5 排锭杆，每排各有 16 个卷轴，每个卷轴带有 6 个锭杆，这样总共有 480 个锭杆。碗形帽重量各不相同，重量轻的用于细线，较重的则用于粗线。1331 年的捻线车有两排纺锤，每排有 120 个。

这些由下射水轮驱动的捻线车，14 世纪中期被卢卡人引进到了佛罗伦萨和威尼斯。它们体现出机械化的显著成果，因为只需两三个操作者来接线和替换线轴或卷轴，即可完成以前几百名手工加捻工所做的工作。在 19 世纪前，这种设计结构几乎没有什么改进。

加捻后，一束束的丝线装在小篮子里，放在肥皂水中煮沸，除去可能影响染色的自然胶质。然后再用清水冲洗，挂起来沥干。珍珠色

的丝线再用硫磺烟漂白(图 331),白色纱线就制备好了,可以用于染色和编织。

6.3 络纱、线管和整经

208

在纺纱后,必不可少的操作是将纱线从锭杆上取下来(络纱),卷绕在纬线和经线的筒管上(绕管),以及制备经线排到织布机上(整经)。在蚕丝制备中,络纱和加捻代替了纯粹的纺纱。

锭杆上纺过的纱线不能直接取下,必须用某种手段将它卷下来。在受希腊罗马影响的地区中,络纱可能用手工绕成线球。一个用柳条或苇子辫状编织的锥形篮子被用来盛装粗纱线球、锭杆、纺线杆,可能还有纱线球,它总是与妇女联系在一起的(图 162)。中世纪也有纱线球的绘画(图版9)。

从最早的希腊时期开始,人们就使用卷线板这种简单的工具,将纱线卷成一束一束的线捆,方便洗涤、上浆和染色。卷线板是一条约 11 英寸长的板条,改良型则是十字形,有两条互相成直角交叉的板条,能很容易地卷起纱线(图 173)。清点卷绕的圈数,或者知道了线束的长度和重量,就能计算出纱线的等级或重量。



图 173 十字形纱框(左下);在固定的纺织杆上纺纱(中)。约 1490 年纽伦堡的一张使用符号的木刻画。

转动式络车无疑起源于远东,那里的蚕丝生产中,卷线是最基本的工序。它与纺车大致同时期传入欧洲(图 174),后来形成了标准的规格,周长是长度单位的简单倍数,这样能够卷绕出同一

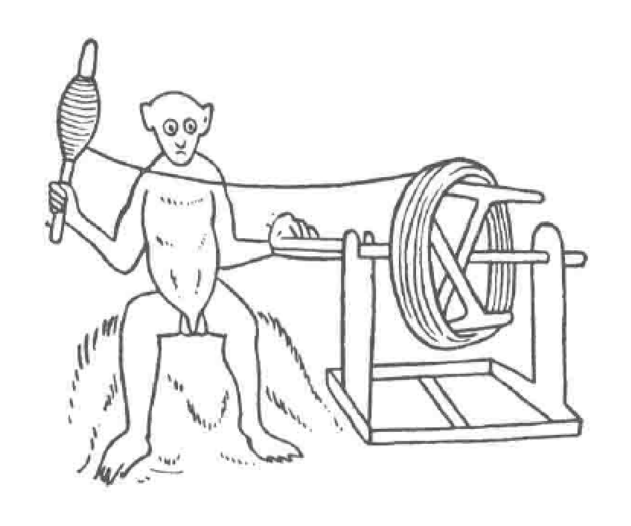


图 174 线束绕在一个转动的轮子上。取自 14 世纪伊普尔（Ypres）的《贸易指南》（*Book of Trades*）的一幅漫画，约 1310 年。

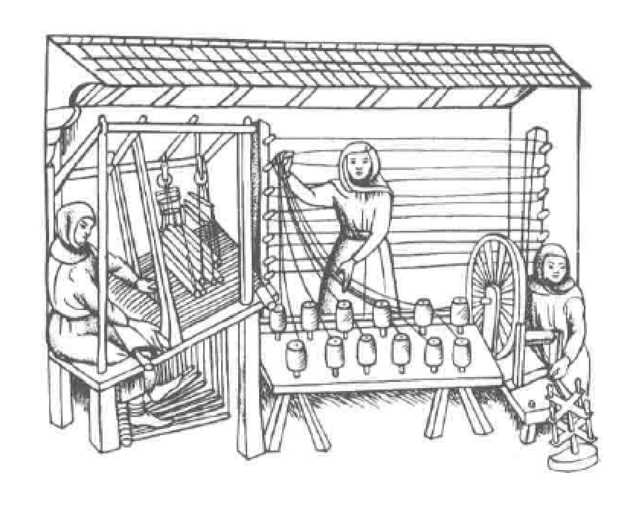


图 175 织布的修女：（右）从卷线车上卷管纱；（中）用 12 只管纱整经；（左）在有踏板的水平织布机上织布。出自一本意大利手稿，1421 年。

规格的丝绞来。

不管是卷成丝绞还是从纱管上直接用于编织，纺过的纱线都必须变换成线轴或滑梭上的编织用纬线。最早的织布机类型以及工作原理，前面已经讨论过了（第 I 卷，边码 425—428）。用无架织布机和竖直织布机编织时，线轴仅仅是一个短小的木棒，纬纱由手工来穿绕。用水平放置的有架织布机编织时，线轴放进一个中空的梭子里，使它能够在经线之间穿梭，但是线轴依然用手工卷成。借助于滑轮的帮助，后来又开发出一种绕行更快的线轴卷线车，甚至纺车也可能就是从这样的设备发展而来的。14 世纪的线轴卷线车，只不过是一个由驱动轮上的绳索驱动的水平安装的锭杆（图 183），这种类型的卷线车也用来卷经纱的管纱（圆锥形线球，图 175）。通常纺车本身也当作卷线机来用，甚至在今天有时候也能见到。

整经就是准备经纱，布置到织布机上。对于无架织布机，整经通常不过是围绕经纱轴绕上所需数量的纱线。然而，对于更先进类型的织布机，往往总是在织布机以外制备经纱，然后再安装到经纱轴上。在插入到织布机上之前，经纱要进行上浆的预处理，通常是在水中煮沸兔皮或者使用玉米厂下脚料所制的黏合剂来上浆。在古代埃及，整

经的排钉插入到地里或者插在低矮的墙上，但在希腊或者罗马没有使用这种排钉的证据。经纱下面挂有吊坠的织布机通常用起动卷边来整经，就像最近在拉普兰发现的织布机那样。这块卷边用长纬线分开编织，当安装到织布机经轴上时，纬线变换成了经线。没有证据表明古希腊曾经用过这种方法，留存至今极少的古希腊布片也没有显现出这样的特征。

大约1310年的一幅插图显示，一名妇人用排钉在一个简单的框架上制备经纱(图176)。通过手中的一块孔板，线以"之"字形从这个排钉绕到那个排钉。另一幅插图显示了类似的整经技术，同时使用了12根线(图175)。线经过圆环到达安装在支撑架上的12只线轴上，框架下方的双排排钉使得操作者可以交替地分开线和横跨线，避免线相互缠绕，并使线穿过综眼和筘变得简单。直到现在，这种整经方法仍然被手工编织者使用着。

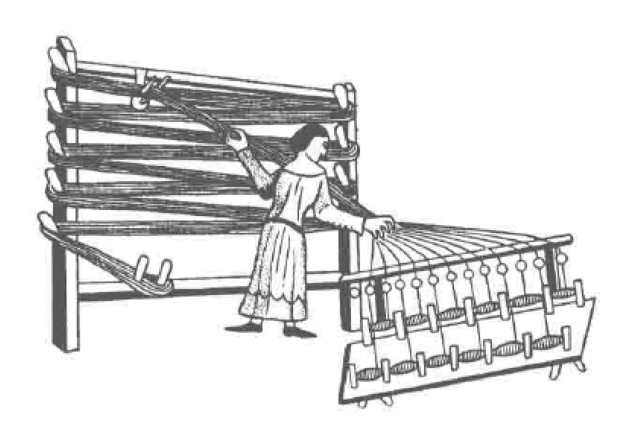


图176　用12根线整经。选自伊普尔的《贸易指南》，约1210年。

210

东方很早就发明了整经卷线架或经轴架，这是很自然的事情。一幅来自中国的13世纪的图画，显示了一个简单的水平卷线架，从支架上的笼形线轴上卷绕蚕丝线(图177)。这种卷线架加大了直径，以适应更长的经线和减小卷绕的不均匀。

6.4 织布

织布实际上就是将一系列称为经线的长丝线或纱线，与另一系列称为纬线的纱线交织在一起(第Ⅰ卷，边码425—428)。经线并排平铺，纬线上下穿行，平铺经线的机器被称为织布机。最初的织布机没有框架，织布工将经线从树或木桩上绷直到自己的腰间织布，或者在

211

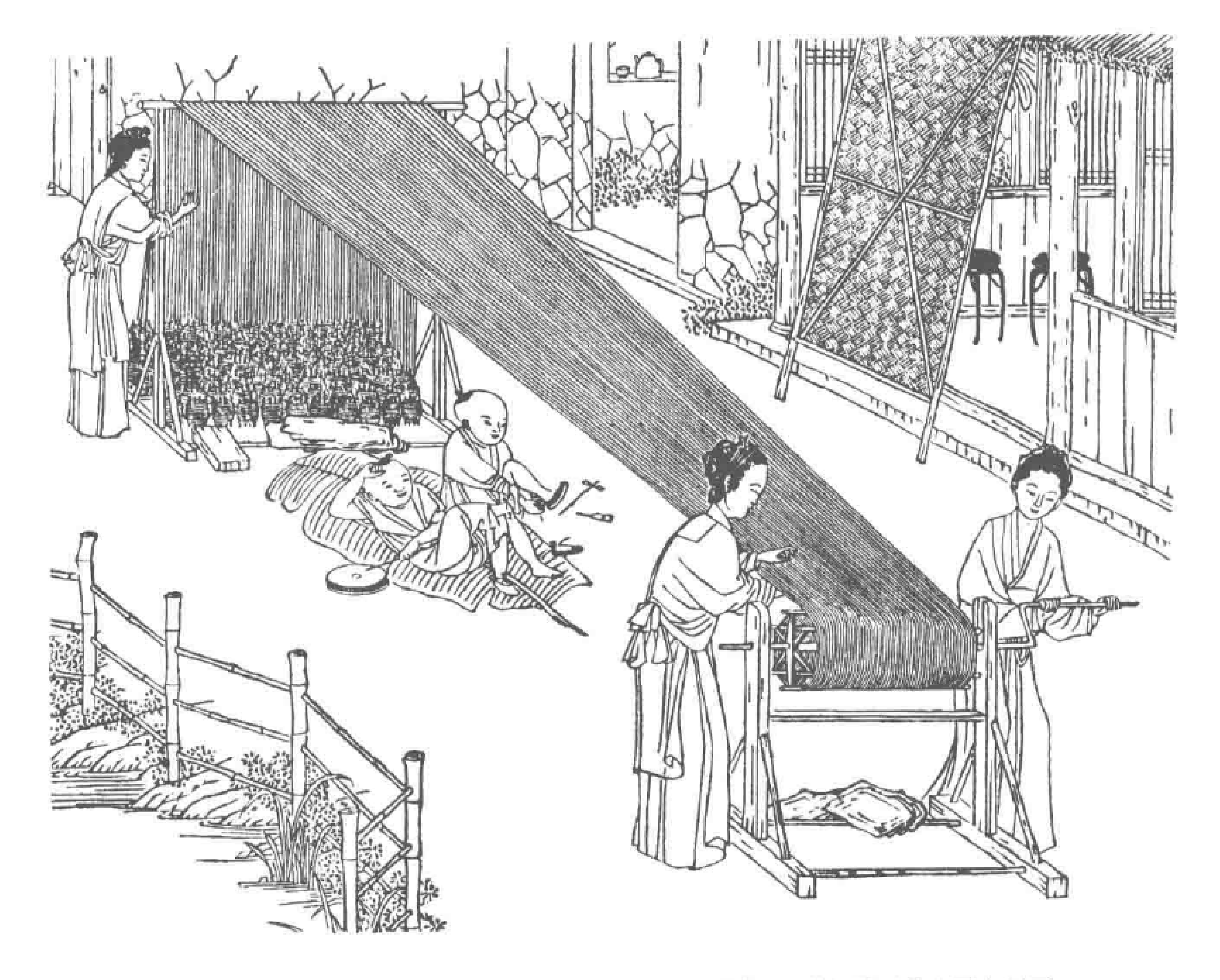


图 177　向支架上的笼形线轴上卷绕经线。出自 1696 年一幅模仿 13 世纪图画的中国木刻画。

钉在地上的两根木条或木梁之间织布。这种非常原始的织布方法，现在仍然被近东的游牧民族使用着。

希腊人唯一知道的织布机是竖立的，而且有经线吊坠。上经轴支撑在两个立柱上，经线由许多吊坠绷直（第 I 卷，边码 144）。布料从上往下编织，这一结构意味着经轴可以转动，随着编织的进行，可以将布料卷起来，这样就保持了一个恒定的操作高度。一些公元前 5 世纪和前 4 世纪的希腊花瓶上，绘有这种类型织布机的图画（图 178）。早期罗马织布机较为简单，因为 1 世纪塞涅卡（Lucius Seneca）提到过经线用吊坠绷紧的情形。这种织布方式无疑是在罗马时期引进到埃及的，它一直持续使用到科普特（Coptic）时期。

罗马后来的织布机也是竖立式的，不同之处是经线通过下部的第



图 178　织布机旁的奥德修斯（Odysseus）和喀耳刻（Circe）。出自一只希腊花瓶上的漫画，公元前 4 世纪。

二根经轴绷直。一幅 4 世纪的绘画中，显示有两根直立支柱以及绷直的经纱（图 179），横跨过经线有一个木板条，可以看出布料是从下往上编织的。木板条可能是一个综片，但也可能是两个综片，更可能是一个综片和一个吊坠式织机中的梭板［第 I 卷，图 269（B）］。

212

希腊的织布梭子是一个短棒，纬线绕在上面。罗马的梭子时常是用凹形骨头加工成的，但可能不是用来织布。如今，希腊的简单短棒梭子仍然在使用。纬线用一把梳子压紧在一起（图 180），这种梳子只能用在从下往上的织布机编织中。希罗多德（约公元前 484—前 425）提到，埃及的有两个经轴的织布机就是这样编织布料的[23]。罗马作家费斯特斯（Festus，2 世纪）认为，站立在织布机旁编织是传统编织



图 179　罗马晚期的竖立式织布机。可以看到织成的布料在底部。出自梵蒂冈图书馆中的一份维吉尔手稿，4 世纪。

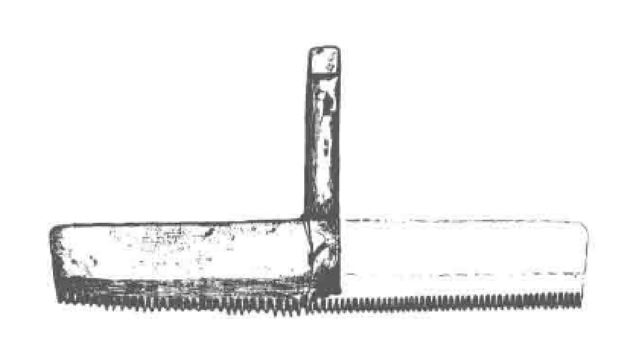


图 180　罗马的编织用梳子。出自埃及 Kaar-el-Banaf。

遗留下来的方式[24]。经纱吊坠织布机必须从上部开始编织，编织工不得不站着操作。

自公元前 5 世纪，埃及就有了竖立式双轴织布机的绘画。在北非，这种织布机一直使用到不久以前，经过改型后就是当今使用的标准的挂毯织机。因为具有随着加工操作而卷动的经轴，它可以编织长于两经轴之间距离的织品。

织布机的另一处改进是水平框架，它的起源仍然不得而知。在 13 世纪时的欧洲，它看上去就是一种很完善的设备，但在东方的出现可能还要早得多。它有一个结实的方形框架，将后部经轴和前部经（布）轴之间的经线向水平方向绷紧。这使编织工能更方便地操作，也为应用踏板驱动的滑道机构交替地升降经线提供了可能（图 181）。

织布时，踩下一块踏板，梭子通过这样形成的滑道（梭口）从一只手穿向另一只手，纺线用筘打实。然后踩下另一块踏板，打开相反的滑道（梭口），梭子再次穿过，再将纬线打到位。随着织布的进行，释放杠杆，使经线周期地从经轴上送出来，纺织好的布料则卷到布轴上。

这种织布机只能编织无图案布料或平纹布料。如果添加两个综片和踏板，便能够开发出多种经线组合，编织出带有菱形、斜纹、人字等简单图案的布料（图 182）。这种织布机没有上部框架，综片是悬挂在顶棚上的，但是大多数带有高框架。高框架的顶部挂下来一个厚板条支撑着筘，以保证密实和有规律地打紧纬纱（图 175，图版 9）。图 183 显示了一台有四根轴的织布机，在布轴上带有棘轮机构，这个织布机有相当的宽度，需要两名织布工才能使梭子

213

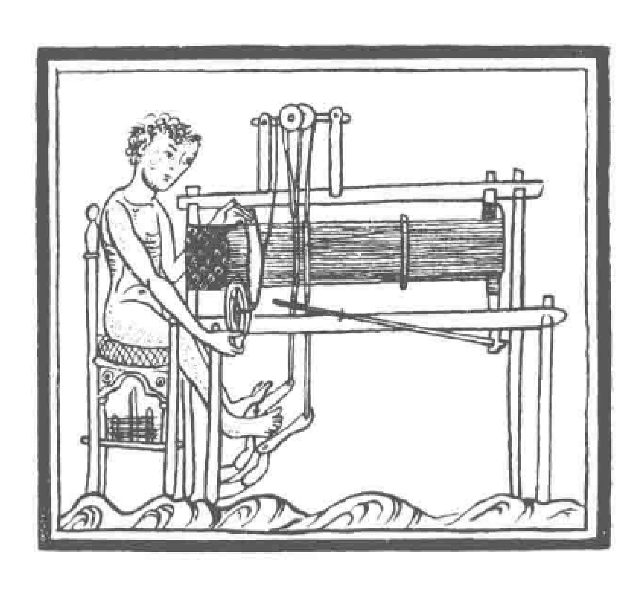


图 181　水平织布机。带有踏板驱动的开口机构。出自一份 13 世纪的手稿。

从一端穿到另一端。更多的综片和踏板，增多了编织图案的种类。

虽然综片的构造细节不是很清楚，不过另一些中世纪的绘画显示，它们是由上、下短棒以及短棒之间的一组环形线组成，经线交替穿过这些环形线。筘或打线板是一种梳子，筘通常捆绑在两个木棒之间。有一个大概是来自拜占庭的埃及筘的样品，它是一个2英尺长的框架，包裹着皮革，并带有倾斜的木制细齿。

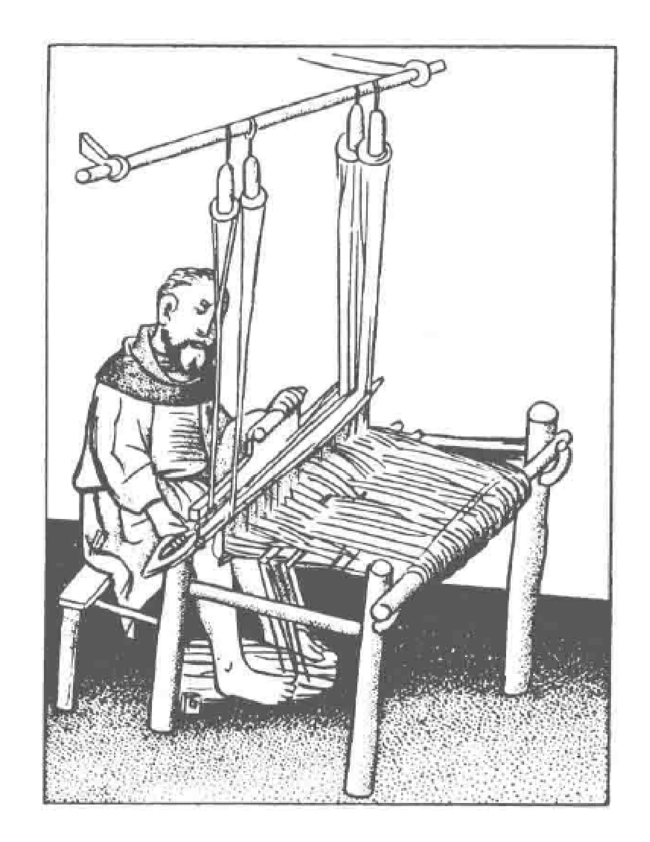


图182　1400年前后的四综片织布机。出自孟德尔（Mendel）的《兄弟之书》（*Brüderbuch*）。这是一幅15世纪的插图。

214

6.5　整理

“整理”这个术语系指编织后对织品的处理。朗格兰（Langland）在《耕者皮尔斯》（*Piers Plowman*，约1362年）中写道[25]：

> 新织的布匹还不适于做衣穿，
> 须经水冲脚踹，或漂洗机处理，
> 用水洗净后再经起毛机梳理，
> 折叠、绷直后才送到裁缝手里。

首先，必须除去织品的外露残缺。可以将布料悬挂在木架上或铺放在桌子上（图184），用镊子拣去杂质，除掉线结，修补编织中的纰漏。然后，为了使织品紧密压实，纤维黏结在一起，以及除去

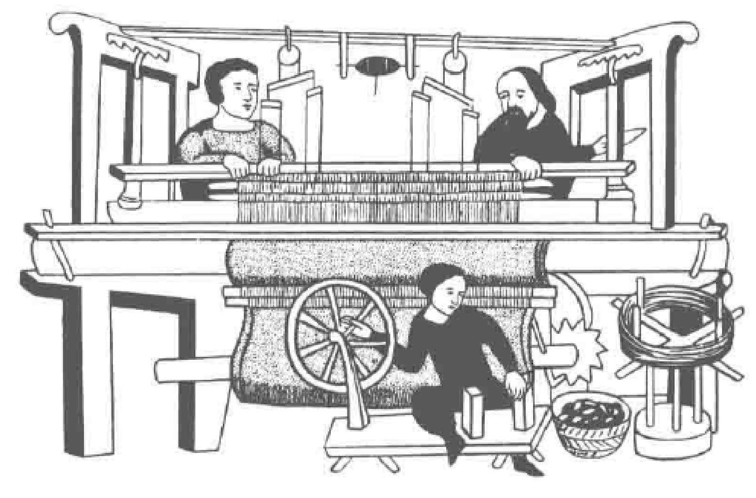


图 183　织布工使用框架式水平织布机织布。(下) 从右边的转动卷线车上卷纬管。出自伊普尔的《贸易指南》，约 1310 年。



图 184　在修道院中整理织品：(右) 清除编织品上的杂质；(左) 在绷布架上绷紧布料。出自 1421 年的一份意大利手稿。

织品缝隙，必须对毛织品进行缩绒。缩绒一定是一个非常古老的工艺，因为它与制毡是一样的，制毡大概要早于编织。来自庞贝 (1 世纪) 的关于缩绒的早期描述中，4 只陶制大缸分别放置在不同的隔室内，3 名缩绒工对编织品进行缩绒，另一名站在一个大缸里踩踏。在桑斯的一块罗马浮雕上，描绘有法国的缩绒工在缸里缩绒织品的情形 (图 185)。

215

普林尼等人描述了缩绒剂[26]。希腊人和罗马人不使用肥皂，而是使用各种各样的碱性洗涤剂，例如植物灰汁或泡碱及人的陈尿等。漂土是一种自然分离的水合硅酸铝，可以除去油脂，因而被广泛使用。人们也使用某些植物的汁液，常用的有丝石竹属植物 (*Gypsophila struthium* L) 和肥皂草 (*Saponaria officiïnalis* L)(边码 355)，所有这些植物从中世纪开始一直持续使用到现代。在这类物质帮助下，操作者用脚踩踏毛织品，直到羊毛纤维充分地黏结在一起 (图 186)，还要不时把织品拿出来重新整理，保持平整的状态。缩绒完成后，毛织品放在缸里或在河水里冲洗，然后用木棒击打，增加纤维结构的黏着力。

在 15 世纪的佛罗伦萨，刚编织好的织物被放入热水中，加入肥

皂或陈尿以及碱液洗涤2小时，直到发泡沫为止，然后用冷水冲洗拧干。接下来，织物放到盛有沸水的染缸里，使用漂土处理半小时，最后再次在流水中洗涤，挂起晾干。佛兰德的织品先浸泡数日，再放在一个含肥土的木桶里缩绒，然后用脚踩踏，直至编织缝隙消除为止。这些佛罗伦萨和佛兰德的织品，或者是完全由精梳羊毛加工成的精纺绒线织品，或者至少经纱是由精梳羊毛制成的。然而，缩绒处理一般是用在由粗梳羊毛制成的羊毛织品上的，这与当时和现在的通常做法相反。

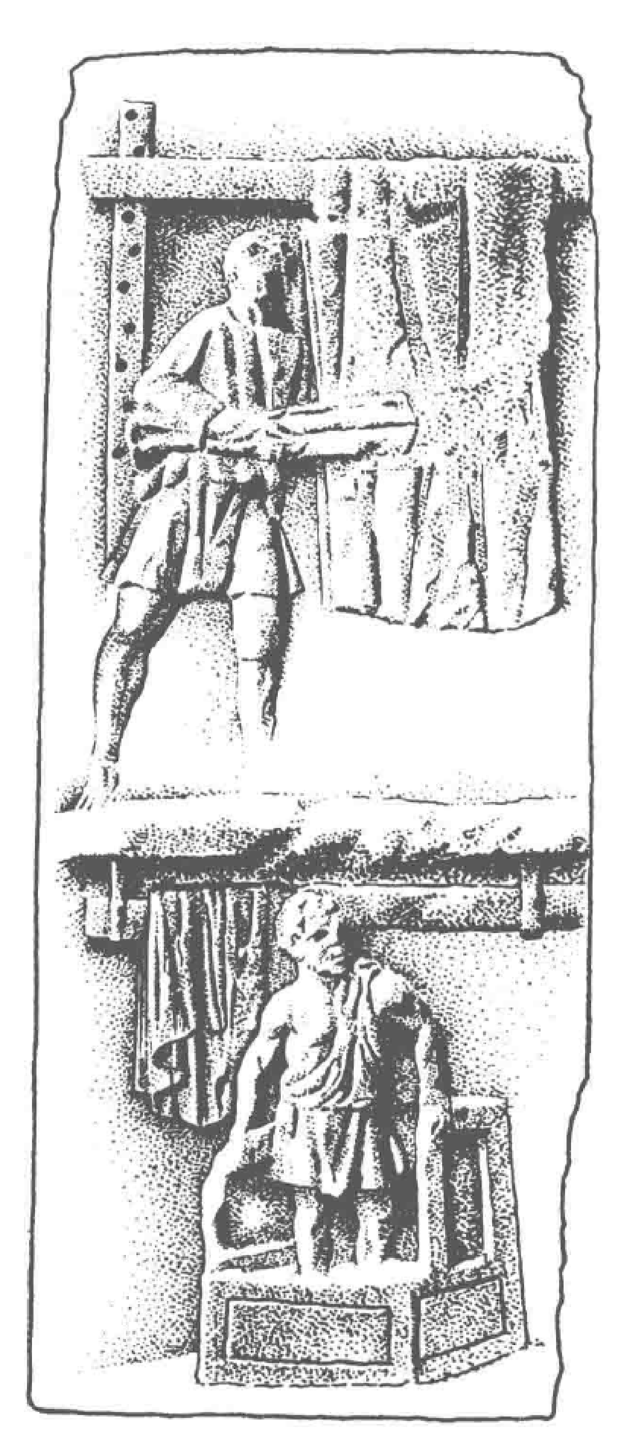


图185 （上）剪布；（下）缩绒。出自位于桑斯的一块高卢—罗马式墓碑。

216

根据普林尼的叙述，亚麻织品用棍棒击打，以改善织品表面特性。中世纪期间，一般使用某些形式的缩绒分离粘在一起的纤维，使其变得柔软一些。13世纪，在圣加尔有用于亚麻缩绒的木盆的记载。

11世纪时，人们知道了缩绒机。到13世纪，整个欧洲都在广泛使用这种机械。然而，我们对15世纪以前缩绒机的详细构造依然所知甚少。这种机械装置模拟用脚踩踏织品的动作，两个重木槌由机械动力举起，并落在木盆或木桩上的织品上，动力则由早已用于磨面机的水车提供（第17章）。但是，缩绒机的应用包括某些新颖的机械原



图 186　缩绒工踩踏大缸中的织品。取自科多尔的瑟米尔—昂诺克西奥大教堂织布工同业行会的窗画。约 1460 年。

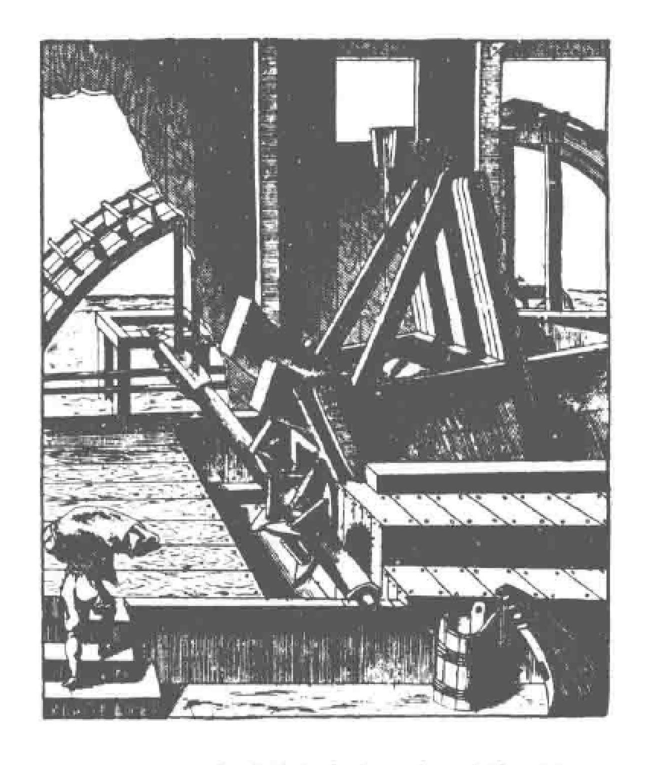


图 187　1607 年绘就的水力驱动的缩绒机械。

理。大约 1438 年，在肯特郡应用的缩绒机，能够同时缩绒 3 块 12 码长的半身绒面呢[27]。

中世纪的缩绒机无疑类似于宗卡在 1607 年描述的那种后来出现的缩绒机（图 187）。这种缩绒机的水车轴支撑着挺杆，挺杆交替举起两个大木槌头。挺杆撤去后，木槌坠落到盛有缩绒介质的木桶里。时常要取出编织品重新捆扎，以保证平整的状态（图 553）。

经过缩绒和冲洗后，湿的布料挂在架子上或铺在绷布机上，露天晾干。从古罗马时期开始，这种做法在整个中世纪都一直没有变化。在锡尔切斯特，几排打上桩的洞可能曾经供这种晾布料的架子所用[28]。典型的中世纪绷布机有两个水平木梁，架在垂直的木柱上（图 184）。

为了使毛织品变得柔软，需要使纤维朝上竖立起来，最后的这道工序仅仅是刷毛起绒，而且在古希腊时期就被人们所知。据普林尼记载，起绒有时使用刺猬皮，有时使用蓟，通常是蓟属植物（*Carduus*）（边码 193）。这种方式可以从来自庞贝的壁画中见到（图 188），而且从中世纪一直持续至今。起绒草头（图 155）捆扎在一块小

217



图 188　出自庞贝的壁画。
显示丘比特（Cupids）在整理织品，缩绒（左），为晾在架子上的织品刷毛起绒（右）。早于 79 年。

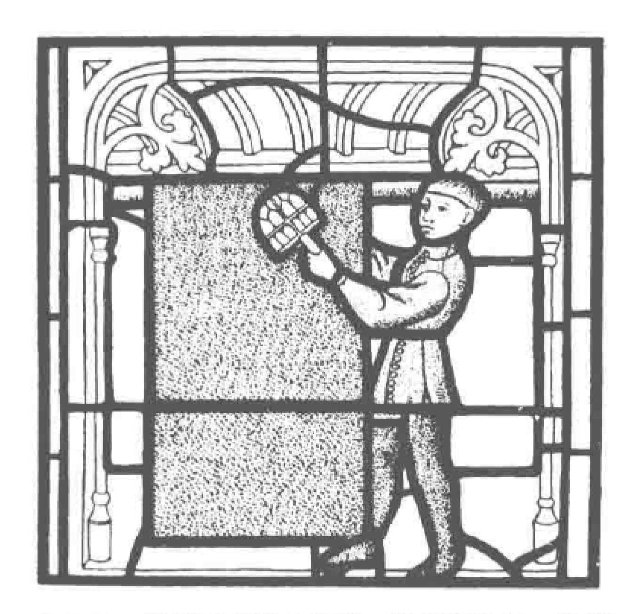


图 189　剪绒前布料的起绒。出自瑟米尔—昂诺克西奥的织布工行会的窗画，约 1460 年。



图 190　布料剪绒。出自瑟米尔—昂诺克西奥的织布工行会的窗画。

木架上，木架上装有把手（图 189）。有时，织品要多次起绒，就用新的粗糙的起绒草替换磨损变柔的起绒草，以便使织品更平滑。在欧洲，特别是在英国南部，人们特意种植了起绒草。

每次起绒后，要剪去短绒毛，除掉纤维末端，使面料表面平整。这一工序最早期可能使用羊毛剪，现在已经在庞贝和埃塞克斯的一个罗马遗址发现了布剪刀（图 191）。在桑斯的一个罗马人浮雕上，

也有布剪刀的描绘（图 185）。剪绒方法是将布料平铺在工作台上，使剪刀横着放置。在图 190 中，剪绒工将左手腕套在剪刀下面刀身的一个箍带中，用同一只手的手指打开和合上刀身，右手将剪刀顶在身上，保持剪刀的稳定。

后来的技术知识显示，剪绒工显然是从布料的一边开始剪绒，不停地打开和合上剪刀，慢慢剪到另一边。工作台铺上垫子，布料贴在垫子上，用双端挂钩或 habbicks 固定，当一段布料剪完后，挂钩打开，送进另一段布料。剪绒和起绒交替进行，布料有时是干的，有时是湿的，直到获得所需效果。布剪刀作了一些改型后，一直使用到 19 世纪。

织布机编织出来的亚麻织品呈灰褐色，所以必须漂白和压平。出自圣加尔的 16 世纪早期规章表明，亚麻织品先要放在有灰汁的沸水中煮炼，然后铺放在干燥的场地上在阳光下漂白。场地必须相当宽阔，而且可以建起任何所需要的竖桩，这里指的是悬挂亚麻布料的一些木柱。13 世纪时，这样的场地从圣加尔的男修道院院长那里租用。薄亚麻织品要在阳光下晾晒 8 周，厚的织品要达到 16 周，根据天气情况，还要有规律地用水喷淋，最后要在流水中冲洗。

218

类似地，棉织品的漂白是铺放在阳光照射到的草地上，听凭露水溅湿。由于色泽纯白，棉织品很受希腊人和罗马人喜爱。它用燃烧硫磺的烟来漂白，起绒后铺放在一个半圆形的笼子上面，笼子下面燃烧硫磺（图 192）。通常将优质的漂土糅进织品作为最后的整理，使织品变得更白。

压平可以使布料表面平滑有光泽。从古罗马时期开始，螺旋压平机就已经使用了。普林尼认为，这种机器是在他那个时代发明的。庞贝壁画有这种形式的压平机绘画（图 193）。用手杆转动两个竖立的螺旋，压平机顶板被推向下面的基板上，布料应该仔细地前后折叠，并放在顶板和基板之间，竖立的螺旋的左、右螺纹方便了施加均匀的拧

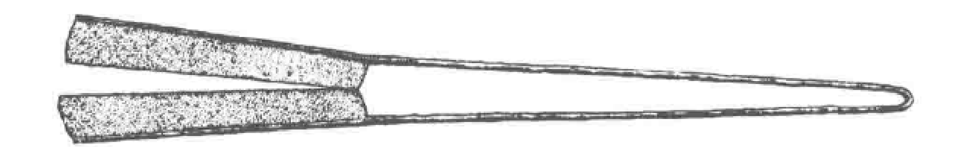


图 191 罗马的短绒毛大剪刀。出自埃塞克斯郡切斯特福德，长约 4.5 英尺。



图 192 带着笼架和盛装燃烧硫磺的罐子的漂布工。出自庞贝，早于 79 年。

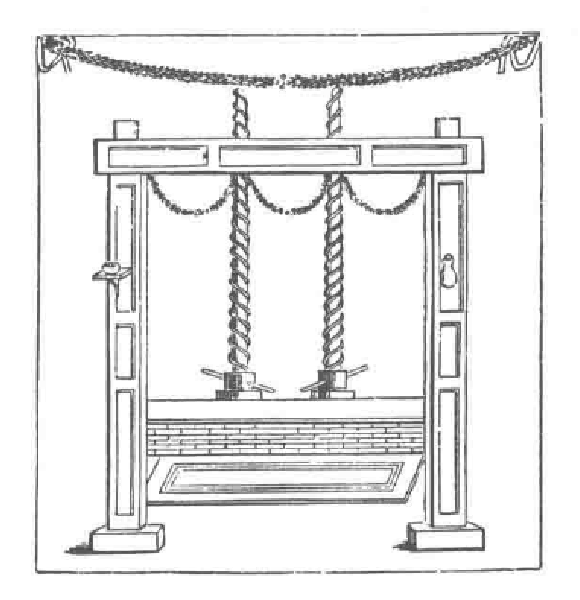


图 193 由两个螺旋操作的织品压平机。出自庞贝漂洗工作坊的壁画。

219

紧压力。一幅 2 世纪的绘图显示，横木上的爪钉同竖直螺旋上的螺纹相咬合，从而避免了使用螺母或螺帽。压平前，工人会习惯地含一口水喷到布料上。

亚麻布料表面用木棒摩擦产生平滑，就像在埃及那样，或者用非常大的压力将一个木块压在布料上。有时，人们也用平滑的石头。在瑞士，使用一个沉重的大理石球在铺开的布料面上滑动。

相关文献

[1] Pliny *Nat. hist.*, VIII, lxxii, 189–lxxiii, 191. (Loeb ed. Vol. 3, pp. 132 ff., 1940.)

[2] Salzman, L. F. 'English Trade in the Middle Ages', p. 307. Clarendon Press, Oxford. 1931.

[3] Homer Odyssey, XVIII, 315 ff. (Loeb ed. Vol. 2, p. 218, 1919.)
Pliny *Nat. hist.*, VIII, lxxiii, 191. (Loeb ed. Vol. 3, p. 134, 1940.)

[4] Doren, A. 'Studien aus der Florentiner Wirtschaftsgeschichte', Vol. 1: 'Die Florentiner Wollentuchindustrie', pp. 44 f., 486. Cotta, Stuttgart. 1901.

[5] Gutmann, Anny L. *Ciba Rev.*, no. 14, 485, 1938.

[6] Wescher, H. *Ibid.*, no. 65, 2380, 1948.

[7] Doren, A. See ref. [4], pp. 45 f.; 487.

[8] Wescher, H. *Ciba Rev.*, no. 64, 2340, 1948.

[9] Virgil *Georgica*, I, line 77. (Loeb ed. Vol. 1, p.

86, 1916.)

[10] Pliny *Nat. hist.*, XIX, ii, 6–11. (Loeb ed. Vol. 5, pp. 424 ff., 1950.)

[11] *Idem Ibid.*, XIX, iii, 17–18. (Loeb ed. Vol. 5, p. 430, 1950.)

[12] Herodotus IV, lxxiv. (Loeb ed. Vol. 2, p. 272, 1921.)

[13] Liu, G. K. C. 'The Silkworm and Chinese Culture.' Osiris, Vol. 10, pp. 129–93, 1952.

[14] *Kêng-chih t'u* '[Drawings of the forty-six various] processes in tillage and weaving' each with a stanza of poetry compiled by the direction of Emperor Kang-Hsi. 1697. The woodcuts of this imperial publication were based on illustrations, now lost, of poems by the twelfth-century poet Lou Shou. For a complete set of the illustations see the reproductions in:
Franke, O. '*Keng Tschi t'u*. Ackerbau und Seidengewinnung in China. Ein kaiserliches Lehr-und Mahnbuch.' [Trans. and comm.] Abh. Hamburg. Kolon. Inst. Vol. 2, 1913.

[15] Theophrastus *Hist. plant.*, IV, 8. (Loeb ed. 'Enquiry into Plants', Vol. 1, p. 316, 1916.)

[16] Aristobulus quoted in Strabo XV, C 694. (Loeb ed. Vol. 7, p. 34, 1930.)

[17] Wescher, H. *Ciba Rev.*, no. 64, 2336, 1948.

[18] Catullus LXIV. (Loeb ed., p. 118, 1912.)

[19] Doren, A. See ref.[4], pp. 46 f.; 488.

[20] Beck, T. *Z. Ver. dtsch. Ing.*, **50**, 568, 1906.
Vinci, Leonardo da. *Codice Atlantico*, fol. 393 b. Facs. ed. by G. Piumati. R. R. Accademia dei Lincei, Milan. 1894–1904.

[21] Bini, T. 'Su i Lucchesi a Venezia.' Atti R. Accademia, Lucchesi, Vol. 15, p. 54, 1803.

[22] Zonca, V. 'Novo Teatro di Macchine et Edificii', pp. 69–75. Pietro Bertelli, Padua. 1607.

[23] Herodotus II, 35. (Loeb ed. Vol. 1, p. 316, 1920.)

[24] Festus, Sextus Pompeius. *De verborum significatione* (ed. by W. M. Lindsay), pp. 342, 364. Teubner, Leipzig. 1913.

[25] Langland, W. 'The Vision Concerning Piers Ploughman', B Text, passus X, lines 444–8. Ed. with annot. by W. Skeat, Vol. 1, p. 466. Oxford University Press, London. 1924.

[26] Beckmann, J. 'A History of Inventions, Discoveries and Origins' (trans. by W. Johnston. 4th ed. rev. and enl. by W. Francis and J. W. Griffith), Vol. 2, pp. 92–108. Bohn, London. 1846.

[27] Gardiner, Dorothy. *Archaeologia Cantiana*, **43**, 202, 1931.

[28] Thomson, J. '*The Book of Silchester*', Vol. 2, p. 406. Simpkin, Marshall, Hamilton, Kent and Co., and Lloyd, London. 1924.

参考书目

Espinas, G. 'Recueil de documents relatifs à l' histoire de l' industrie drapière en Flandre' (3 vols). Commission Royale d' Histoire. Kiessling, Imbreghts, Brussels. 1906–20.

Feldhaus, F. M. 'Die Technik der Antike und des Mittelalters.' Athenaion, Potsdam. 1931.

Podreider, Fanny. 'Storia dei tessuti d' arte in Italia. Secoli XII-XVIII.' Istituto Italiano d' Arte Grafiche, Bergamo. 1928.

Roth, H. Ling. 'Primitive Looms' (3rd ed.). Bankfield Museum, Halifax. 1950.

Salzman, L. F. 'English Industries of the Middle Ages' (new enl. ed.). Clarendon Press, Oxford. 1923.

Scott, E. K. "Early Cloth Fulling and its Machinery." *Trans. Newcomen Soc.* **12**, 31–52, 1933.

Uccelli, A. 'Storia della tecnica dal medio evo ai nostri giorni' , pp. 125–76. Hoepli, Milan. 1944.

Yates, J. '*Textrinum Antiquorum:* An Account of the Art of Weaving among the Ancients.' Taylor and Walton, London. 1843.

第7章 家具

第1篇 至罗马帝国末期

西里尔·奥尔德雷德(CYRIL ALDRED)

7.1 类型及风格

总的来说，与近东古老文明在几百年里生产出来的家具相比，古典世界早期的家具在制造方式上没有很大区别。其实，木制工艺被认为是在整个东地中海地区得到广泛应用和发展的一种工艺，它的形式和制作技法既取决于节省木料的一般需求，也同样取决于家具功用和个人品位。包括椅子、宝座、凳子、床、桌、支架及箱子在内，家具的品种则很少有改进。甚至在罗马帝国时的衣橱中，也能找到与埃及木制神龛的类似之处，只不过后者没有搁板而已。但是，罗马帝国时期的家具在大小和精美程度上确有很大提高。

从古代世界存留下来的木制家具实物十分稀少，我们对它们的认识大多来自浮雕及瓶饰画上的形象，或者来自木制原型的金属或石质仿制品。大多数情况下，古希腊的家具是在亚洲的影响下发展的，技术几乎肯定来自小亚细亚殖民地。举例来说，早期的椅子和凳子的腿部被做成动物形状，前后腿之间差异明显，座板下的横档上时常雕刻有纯装饰性的主题花纹(图194)。躺椅的腿部同埃及木床相似，也是动物形状，主要不同之处是用护顶板代替了搁脚板。

虽然榫接的长方形桿件的家具可以追溯至上古时期(约公元前700—前500)，并且风格在日后变得更加流行，但这种家具类型在尼

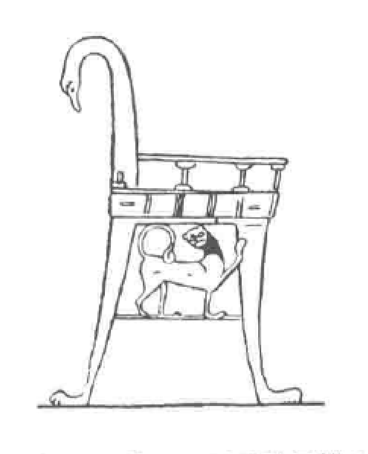


图 194　绘于一只希腊酒罐上的宝座。
公元前 6 世纪。椅腿呈兽足形，椅背末端呈鸟头形，座板和横档间是一头猛狮。这些都是东地中海传统，注意固定横档和椅腿的凸榫。

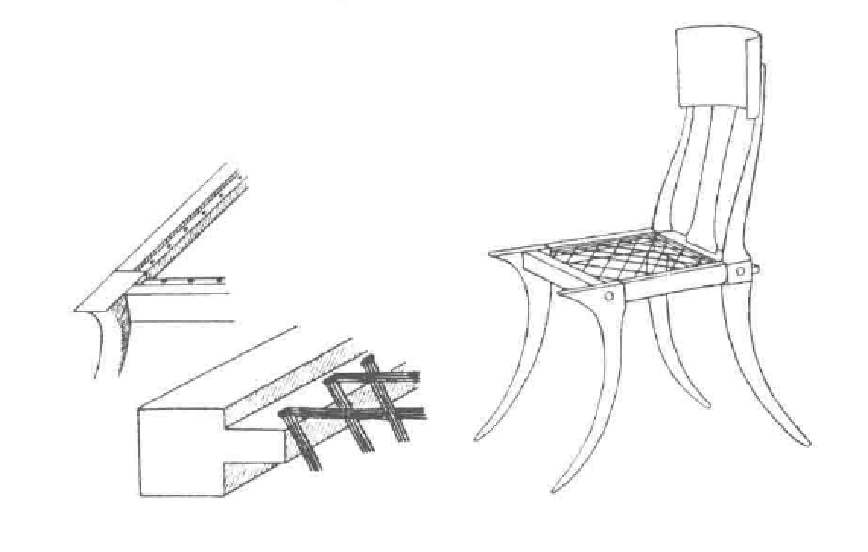


图 195　一种公元前 4 世纪的希腊椅（即 *Klismos*）的复原图。
其设计乃纯希腊原创。小图表现了给椅座缠上牛皮或绳群的一种可能方法。

罗河谷早已有了（第 I 卷，边码 692）。折凳（图 163）与现代的轻便折凳相似，有两副中间互相铰接的撑腿，顶档处连接有可调节凳面。这种折凳与更早时在埃及的梅尔、底比斯及图坦哈蒙墓（公元前 1350 年）出土的实物类似。说到箱子，我们从发现于埃及阿布西尔并保存完好的样本判断，它们在设计和制作上都遵循古埃及的风格。例如山墙式箱，山墙一边装有铰链连接侧板形成斜盖，正如来自塞德蒙的 1000 年前的箱子一样（第 I 卷，边码 694）。更小的箱子则具有可拆卸的顶盖，它像埃及式的一样有绳纹和印文。图坦哈蒙家具的一些箱子装有铰链及自动搭扣，但这在古典时期并不多见。

222

不过，有一件希腊家具在某种程度上具有原创性，它是一把别具一格的椅子［具有内凹弧形靠背和弧形的腿，称克里斯莫斯椅（*Klismos*）］，虽然没有新的构造方式，设计却完全独立于亚洲或埃及的样板。这种椅子由一块曲度很大的靠背板和两根起支撑作用的竖框板组成，两根框与后椅腿经常是一体的，中间还有中竖框，椅腿向外弯曲，椅座看上去由皮革或纺织物条索编制而成（图 195）。克里斯莫斯椅的成功之处是，它在兼顾优雅和舒适时却并不拘泥于传统，线条

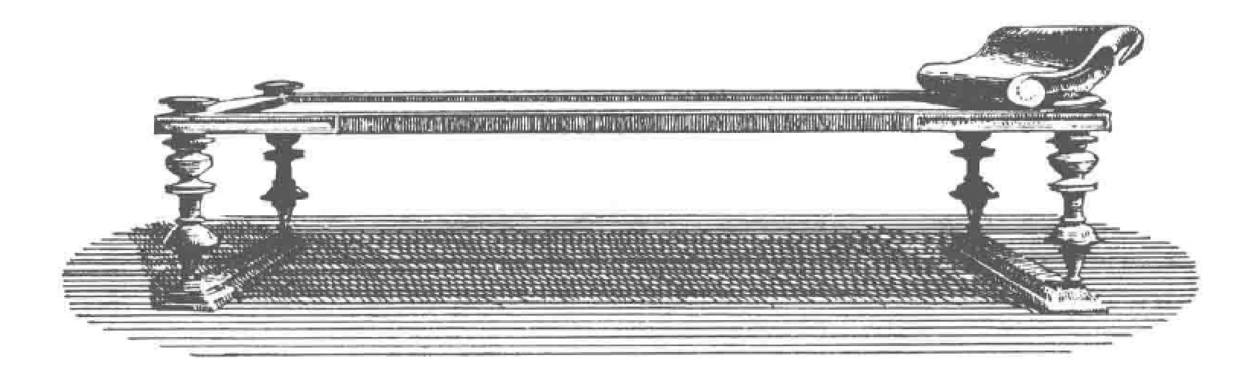


图 196 博斯科里尔的青铜躺椅。1 世纪。
简单的长方形结构置于椅腿上。这种椅腿的灵感来自精心旋制的木制原型；朴素的护顶板堪与图版 10A 中更先进的实物相比。皮革或弦线的床垫最初用丝线沿框架交叉编成。

和框架不受风俗及礼仪所制，富于变化，以适应细木工及其雇主的个人品位（图 162）。

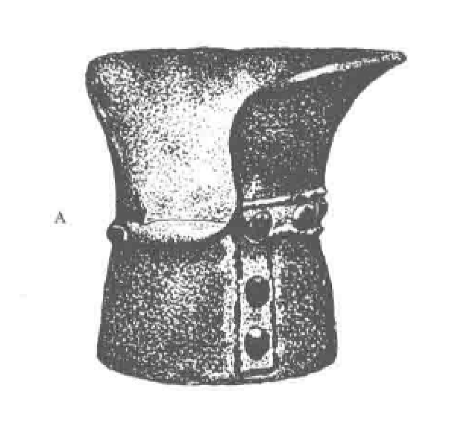
由希腊人引入的新技术主要是车削工艺的普及应用，尤其是在公元前 7 世纪以后。这种工艺可能出自中东的产木区，逐渐传入希腊大陆（第 I 卷，边码 192），在后来的希腊化时期传入埃及和罗马帝国的其他地区（第 I 卷，边码 688）。车削工艺提倡一种更轻便、更优雅的结构形式（图 196），不过有时由于车工忽略木件功用而一味追求自我表现，往往最终流于怪诞。这种结构形式用在象牙或金属上还算合适，用于木制品则未免有些离奇。

223

伊特鲁里亚家具一般都紧跟希腊家具样式，但对后来的家具设计有过两个独创的贡献。一个贡献是使用青铜配件及装饰，以后又全部用青铜制作家具。另一个贡献是发展了一种桶形椅或桶形宝座，原型现以陶器、石器或青铜器存世，但最初可能是用柳条编织的。这一材质的应用体现出意大利本土的一些影响，而非希腊的灵感（图 197）。

224

很明显，古罗马承袭了许多伊特鲁里亚的技术，尤其是青铜在家具制造上的广泛使用。但是，罗马家具的设计大多趋于艳俗，后来变成希腊化的模式，迎合了罗马人追求奢华和富裕的品位。除了某些技术改进之外，罗马设计师们的重要贡献就是发展了许多桌子的设计，



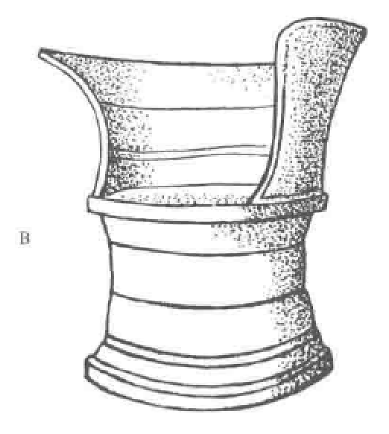


图 197 伊特鲁里亚人特有的宝座或扶手椅。
由一个带曲边的长方形或桶形基部构成，椅背显然汲取了原先是一个柳条编织品的样式。(A) 是一个陶器样品；在 (B) 中可以看到石器样品——罗马的科尔西尼椅，但石基没有了原先的浮雕装饰。公元前 4—前 3 世纪，高 81.5 厘米。

它们在功用上完全不同于过去那种又小又轻、曾用作支架的桌子（图 198）。有钱人家使用颇为雅致的金属三脚架（图版 10B），以及在金属腿上架上石制或木制顶板的折叠桌（图 199），手艺人则把那种刻板的长方形桌子当作工作台（图 201）。在后来的罗马共和国时期，亚洲远征军的回归带来了许多波斯的奢侈品，例如带中央支架的圆板桌或方板桌，它们在埃及曾被当作祭坛，但在希腊从未受到过欢迎。

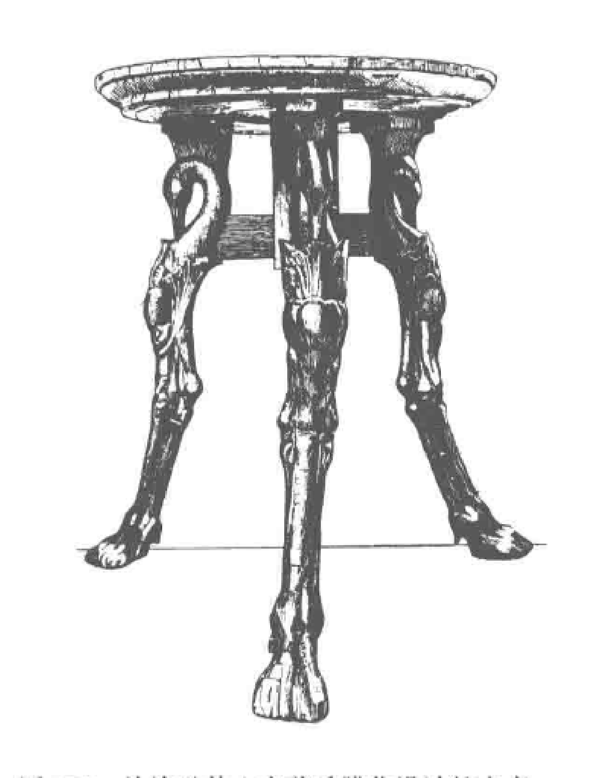


图 198 从埃及传入有着希腊化设计的木桌。
经局部修复，约公元前 3—前 1 世纪。羚羊形腿止于叶板处，那儿有鹅头饰以支撑圆形顶板。

另一种在罗马流行起来的东方新玩意是餐具柜，它是将一块大的长方形贵重木料做成的顶板放置在坚实的常常有精美大理石刻的构件上（图 200），用来展示贵金属器件及其他珍品。有时，餐具柜下面似



图 199　来自庞贝的折叠桌。
桌腿由青铜制成，并饰有森林之神抱着兔子的图案，横拉条套在导板上的圆环上，这样一张桌子的顶板往往由石料或木料制成，装饰优雅。公元 79 年之前。

乎另加隔板以放置杂物。大餐桌直到后来才流行起来，当时人们倚靠在躺椅上用餐的习惯得到了改变。古罗马时期也有橱柜，形如一只巨大的长方形箱子搭放在柜腿上，装有内隔架和可随铰链转动的柜门（图 201、图 210）。

由于罗马帝国的日趋贫弱、动荡的政治经济形势和 5 世纪时的蛮族入侵，同时由于一种更朴素的基督教观点的传播，追求高雅奢侈之风逐渐淡去。顾客的减少和意识的混乱必然导致艺术技巧、工艺和设计的总体滑坡，古典理想主义逐渐为中世纪的世界观所取代。

然而，古典时期的遗产尤其是希腊化时代末期的遗产，在拜占庭时期被保留了下来，虽然注入了来自亚洲腹地的某些影响因素。拜占庭的工匠们——特别是宫廷作坊的工匠们，仍能不断生产一些带有高雅古典品位的工艺品，多数是金属或象牙制品。不过，很少有家具实物留存下来，即便留存下来的也有后人修复的痕迹（图版 11）。出现

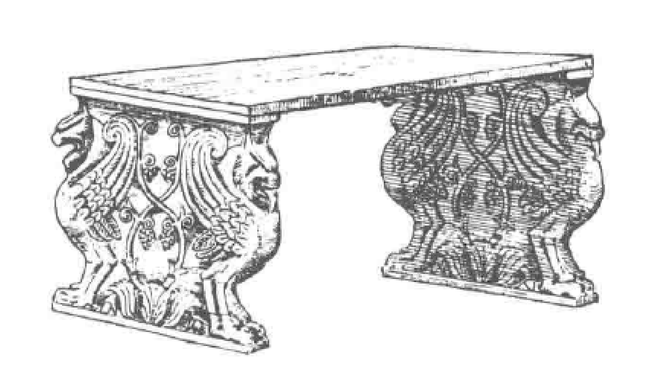


图 200　餐具柜，由两块雕刻过的大理石支体构成。出自庞贝，图中昂贵的石制或木制顶板已被补上。公元 79 年以前。

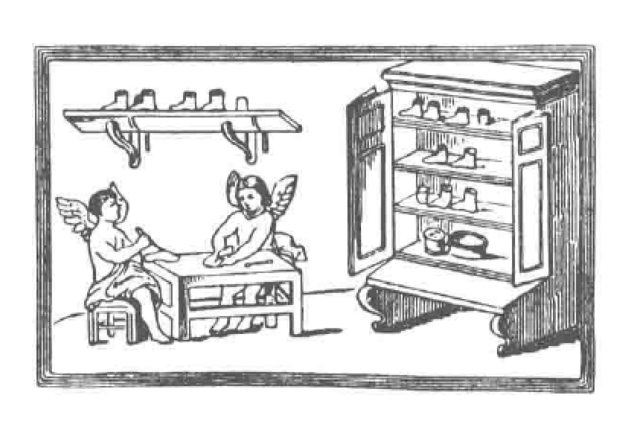


图 201　赫库兰尼姆出土的壁画中的场景。表现了丘比特们正在做鞋。右面是一个橱柜，内有隔板和带铰链的门，门叶可折叠。左面是一张非常朴素的工作台或工作桌。公元 79 年以前。

在象牙制执政官双连图上的家具，暗示亚洲和古典时期的装饰理念被应用于罗马帝国晚期的设计结构中（图 202）。

在地中海文明的北部生活着野蛮的外族——条顿人，我们对他们的家具一无所知。但从现代社会高度发达的文化同原始文化的类似接触中，也许可以推测条顿人的统治阶级一定偏爱来自罗马的进口货，广大民众则习惯于传统家具，它们现在还由欧洲的农民手工制作。这些方面将在以后的章节中论及。



226

图 202 拜占庭的象牙嵌板。
上有一执政官宝座和搁脚凳。宝座背部呈长方形，上置山墙围着一扇贝饰，两根壁柱形成了后门梃，这个精雕细刻的框架在前方由两条兽腿支撑，其上各是一张口衔圆环的狮面。扶手则由两根女神像柱子支撑。6 世纪。

7.2 材质

与埃及和美索不达米亚地区不同，地中海中部地区原先有足量的本地优质木材，包括枫木、榉木、栎木、水松、枞树、冬青、椴树等。除此之外，罗马帝国时期还进口外来木材，例如来自中欧和日耳曼的鸟眼枫、来自科西嘉和埃及的乌木、来自叙利亚的杉木和松脂木、来自非洲的香橼木。但是，欧洲的气候条件不利于树木生长，我们只能依赖普林尼和泰奥弗拉斯托斯这样的作者来获取关于古典木料的几乎所有资料[1]。

看上去，人们对各种木材的材质特征都有透彻的认识。桉木和榉木并称为“湿木”，尤其适合制作有弹性的床架，在高卢长成的桉木还因为很强的柔韧性可以做马车的一些部件，榉木则被认为适合做桌、

椅、床和小盒子。杉木的需求量很大，那些产自非洲、克里特岛或叙利亚的杉木具有防蚀化的优势，因而受到好评，尤其在造船和建筑方面。枞木和松木便于加工，用于门、嵌板、马车和屋顶盖的制作，易于胶合的性能受到了重视。几种不同的栎木得到了使用，圣栎广泛应用在制作轴、榫接件或需要硬木料的地方。榆木普遍用于制作门架子及门槛，槛上，带孔，用来装上下轴，门便顺轴转动。枫木——特别是卷枫或鸟眼枫，用于制作优质的床桌。柏木像杉木一样，用来制作神像及普通箱子，这肯定是由于它坚韧的纤维结构能够承受粗放的使用。一般认为鼠李木、冬青、椴木及黄杨木最适于车加工，当然也包括梧桐。人们提到了一些特别适于制作工具的木材，包括有野生橄榄木、黄杨木、榆木、桉木和松木（边码 85）。普通木料、兽角和龟甲有时被打上木纹，涂上油漆以仿造那些较昂贵的木材，例如松脂木、香橼和枫木。

227

贴面工艺特别适合罗马帝国时期人们的品位，这种经济美观的做法在古埃及已有应用。例如，毛里塔尼亚的香橼木远近闻名，人们都很喜欢，结果供不应求，据说价格超过黄金。提比略皇帝时期的一个自由人据信有一张直径约四英尺的香橼木桌，用一整块木料做成[2]。不过这只是一个特例，因为香橼木一般用来做贴面。为无花果木、柳木、悬铃木、榆木、桉木、樱桃木或软木做贴面的木料里，包括野生和种植的橄榄木、水松、圆柏木、乌木、白杨木、松脂木、黄杨木、枫木、棕榈木、冬青、赤杨木和圣栎等。

毫无疑问，薄片形龟甲也可以用作贴面。波利奥（Carvilius Pollio，公元前 80 年前后）是“一个在制造奢侈品方面有着惊世之才和技艺的人”，据说第一个制造了这种用龟甲装饰的床和柜子[3]。除了彩色的不透明玻璃及珠宝外，天然或涂色的兽角和象牙也用于家具镶饰。镀金、镀银或镀铜的家用品在富人家很普遍，更奢侈豪华的家具完全用贵金属制作。青铜及木制长椅的配件常镶有别的金属，最好的现存

代表作可能是罗马保守宫里的一张青铜椅，它的椅面和椅脚都很华丽(图版 10A)。

在基督教时代早期，由于经济萧条和较为朴素的风气，家具式样不像以前那般浮华和奢侈。镶饰工艺更多地使用外镶，代表作包括罗马的圣彼得椅和拉韦纳的圣马克西曼椅，它们都是使用象牙刻嵌板的很好例证(图版 11)。这项技术在拜占庭时期被超越，可能是因为后者承袭了东地中海地区根深蒂固的象牙雕刻传统(第 I 卷，第 24 章)。

在罗马帝国的北部，从不列颠直到西伯利亚，被看成是一个野蛮民族的世界，罗马帝国和它经常在贸易、纳贡和劳工问题上纠缠不清。这个由条顿人和斯拉夫民族聚居的地区，气候及自然条件与罗马截然不同。最重要的是，这里布满森林，有资源取之不竭，不像地中海地区那样在木材供应上捉襟见肘。这个地区的整个经济基础，显然建立在木材的随意使用上。

228

因此，在这些北方蛮族中间，地中海文明中使用的石头、砖、陶、玻璃及金属大多数被木材取代了。在大多数情况下，人们使用像松木、榉木、桦木、赤杨木和柳木这样质地松软、便于加工的木材。除少数在泥沼中偶然存留下来的实物之外，我们对此没有直接证据，也无现存文献可考。但是，木制品传统直到 20 世纪初仍然存留在北欧的一些农用品制作上。

在地中海地区，家具既用金属也用木材做成，这一问题将在以后论及(边码 235)。

7.3 工具

古典时期的木工用的工具与以前有很大区别，他们使用铁制工具，而不是铜或青铜制成的工具。基于这个原因，它们在使用上更为快捷和有效，做工在总体上也更精确了。不过，这些工具仍然无法逾越早期的最好水平，只能与之持平。

皮特里（Petrie）在埃及底比斯发现的亚述工具窖藏表明，到公元前8世纪，铁制工具已经得到高度发展（图203）。但是，我们应把注意力主要集中在罗马工具上，因为在我们讨论的时代末期，罗马工具取得的进展最大也最具代表性。一本名为《希腊诗选》（*Greek Anthology*）的文集[1]资料表明，这些典型的工具在希腊确实存在，因为资料里写着："一个木匠的工具中有锉、刨、绳线和墨斗、锤、尺、弓钻、重木斧、螺纹钻、手钻、锛子及冲头"，另一工匠则谈到了他的"肘尺、曲柄锯、斧、刨及手钻"[4]。除了发明新工具，如果拥有科学知识和智慧创造的希腊人无法改进传统工具，的确会让人感到匪夷所思。

其实，几乎所有铁制工具比它的铜制品原型在设计上都有所改进。带套柄的斧头和锛头能比绑有生牛皮的带柄铜铲更牢固地与木柄结合在一起，敲击起来更有力、更省事，并能提高速度，节省后续的锉工。凿子也做得很大，而且配上柄脚和底座，这样就可以在木柄上更重地敲击，但一般要套上铁箍作为保护。同时，斜削凿、榫凿、弧口凿在功能上的不同也很清楚[5]，锯子得到了很大改进，在原先不规则的凹处做出歪齿成为可能，使用时可推可拉，现存的实物显示出齿的排列正好形成一条通道，使每次锯子推进中产生的木屑得以不断排出。有一种锯子和当今瑞典的修枝锯类似，在一条弯木弓的两端装有用做硬弦的刀刃[6]，还有一种用来分割伐下的木头的双柄锯也得到了应用。现代式样的锉刀和木锉开始出现，在亚述出土的工具中就发现了两把（图203）。

除了久经考验的弓钻外，当时的工匠们又有了几种不同的钻具（图204—206）。手摇钻可能到亚述时期已经在应用，因为底比斯的窖藏中发现了类似手摇钻碎片及中心钻头的部分，木质部分已经腐烂，中心钻头保存下来了[7]。虽然我们对手摇钻目前还不很清楚，但对带有方形手柄的罗马钻已有所了解。亚述的钻几乎和现代钻的式样一样，不同的是前者在中心的两边都装有刮刀，后者则一边装切刀，一

1　它是在6世纪汇编成册的，但有些内容则要早得多。

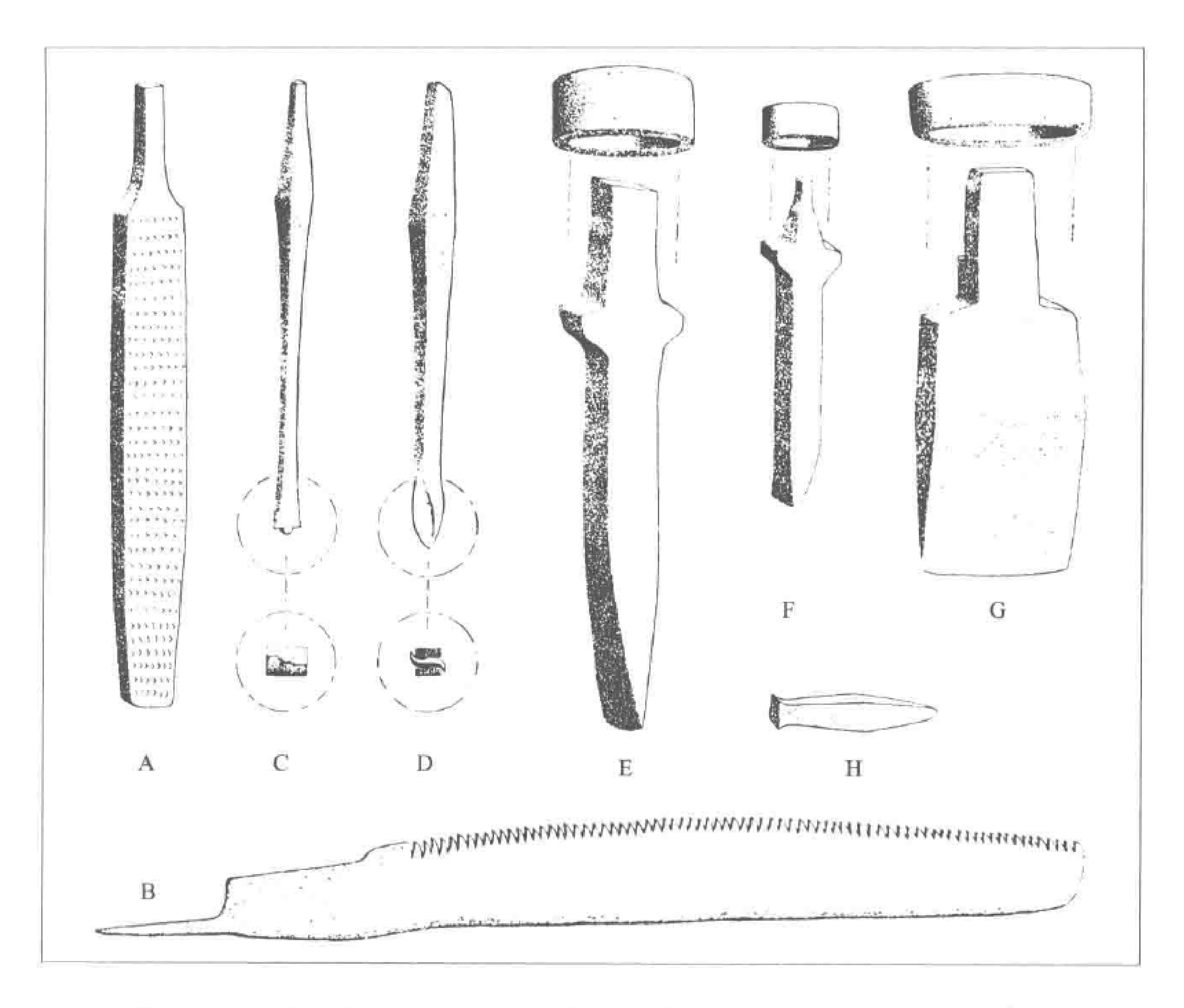


图 203　埃及底比斯出土的部分亚述铁制工具，公元前 8 世纪。
(A) 锉刀，表面打有不规则粗齿，末端收窄变薄，柄脚处可插入木柄；(B) 耙齿形锯刀，用来拉锯断木；
(C) 中心钻，配在支架上使用或像现代手钻一样装上木柄，两边形成以中心为支点的刮刀；
(D) 匙头钻，与 (C) 一样使用，凹处位于中点的两边；
(E) 重凿，相对的两面有相同的斜角，有凸缘和箍以固定木柄；(F) 相似但更小的凿，仅一面有斜面；
(G) 宽凿，相对的两边有相同的斜面，带有箍以固定一个粗大的木柄；(H) 小冲头。

边装刮刀，这样打起洞来不很麻利。另一种亚述钻头是勺形钻，截面呈 S 形，说明它将用于连续转动，而不是用于像弓钻那样的交互式运动。在罗马时期的遗址中，还出土了类似现代的匙形钻或匙头钻的其他一些勺形钻[8]。抛光钻和泵钻不可能追溯到罗马时期之前，在埃及的哈瓦拉出土了一件当时的实物[9]。值得提及的是，印度尼西亚的土著人直到最近还在使用原始的泵钻（第 I 卷，图 114）。从埃及泰尔 · 德凡奈发现的遗物判断，造船匠在约公元前 600 年的第二十六王

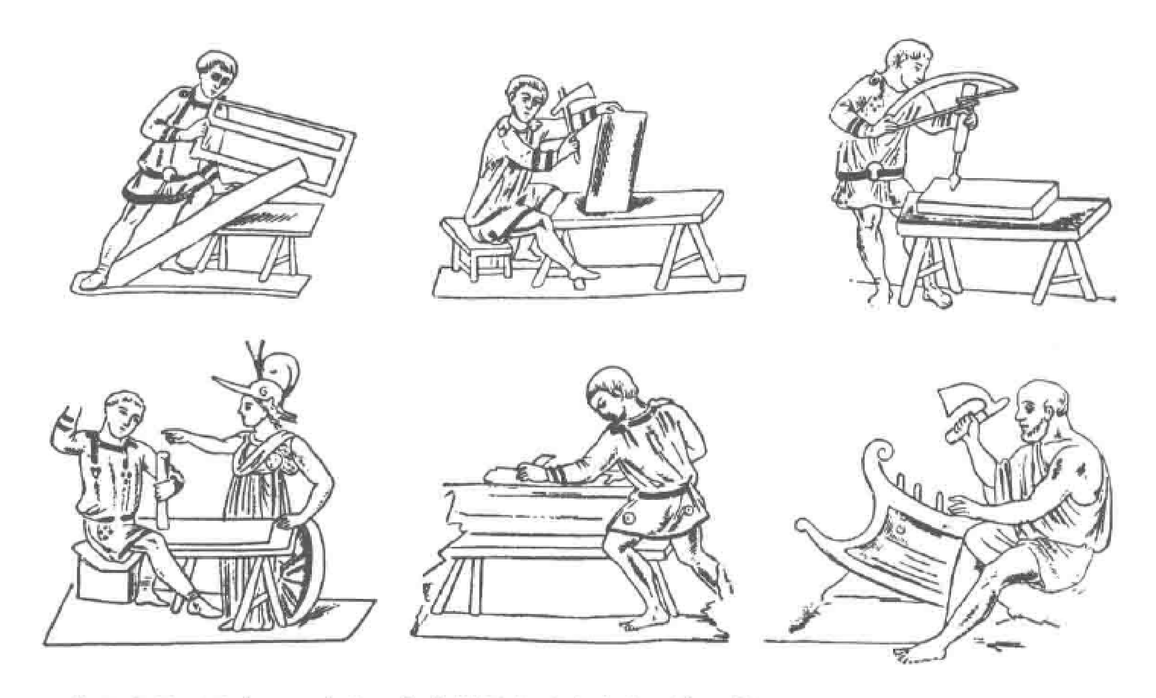


图 204 作业中的罗马木匠，出自一块带绘图的玻璃碎片，约 1 世纪。
(上排，由左至右）木匠正用弓形锯锯木，用锛或斧给木块削边，用弓钻在木块上打洞。
(下排，由左至右）一个木匠在用凿打榫，另一木匠在刨板、造船匠在使用大斧。

朝时期曾经使用螺钻[10]。

锛子最早时就被用来矫直木材，这一时期配有更长的手柄，以使手和腕都能控制每次打击产生的压力和打击的方向(图 207)。拉刮刀自罗马时期以来就为人熟知，这种车轮制造匠和制桶匠的重要工具的使用年代一定要早得多[11]。刨子也在古罗马的几个遗迹中被发现，它是由单片刀片以某种角度嵌入一个包铁的木身中做成的(图 204、图 206)[12]。在诺丁汉纽斯特德发现的一块刨刀，边缘经过特殊加工，用以刨光线脚[13]。

232



图 205 作业中的木匠，在横梁上打榫，梁由嵌钉固定在长凳上，地上是一把弓钻。出自庞贝的一幅壁画，79 年以前。

但是，更高级的新式工具是车床。公元前第二个千年的中期，车削工艺似乎出现在东地中海，以后逐渐普及。的确没有一件古

代的车床实物被保留下来，但我们有理由猜测，它是一种弓钻的发展，以待加工物件为基座，通过两个固定点之间的弓进行旋转。在印度，一种原始的车床现在仍在使用，它的弓弦绕在待加工物件上，再由另一个工人来来回回地推拉。车工将工具放于自己的脚趾间，坐定后用手来控制工具和引导工件[14]。

这种简单的机器很快被脚踏车床超越是有可能的。脚踏车床的主件是一个带支柱的底座，被粗略地劈成圆柱形的工件在支柱间转动。一根有弹性的木杆（可能是一棵活树枝干做的）横出在底座之上，柱端所系之弦绕在工件上，同时又系在铰接的踏板上。压板时，弦就会使工件朝一个方向旋转；松脚时，木柱就会回弹，将弦和踏板上

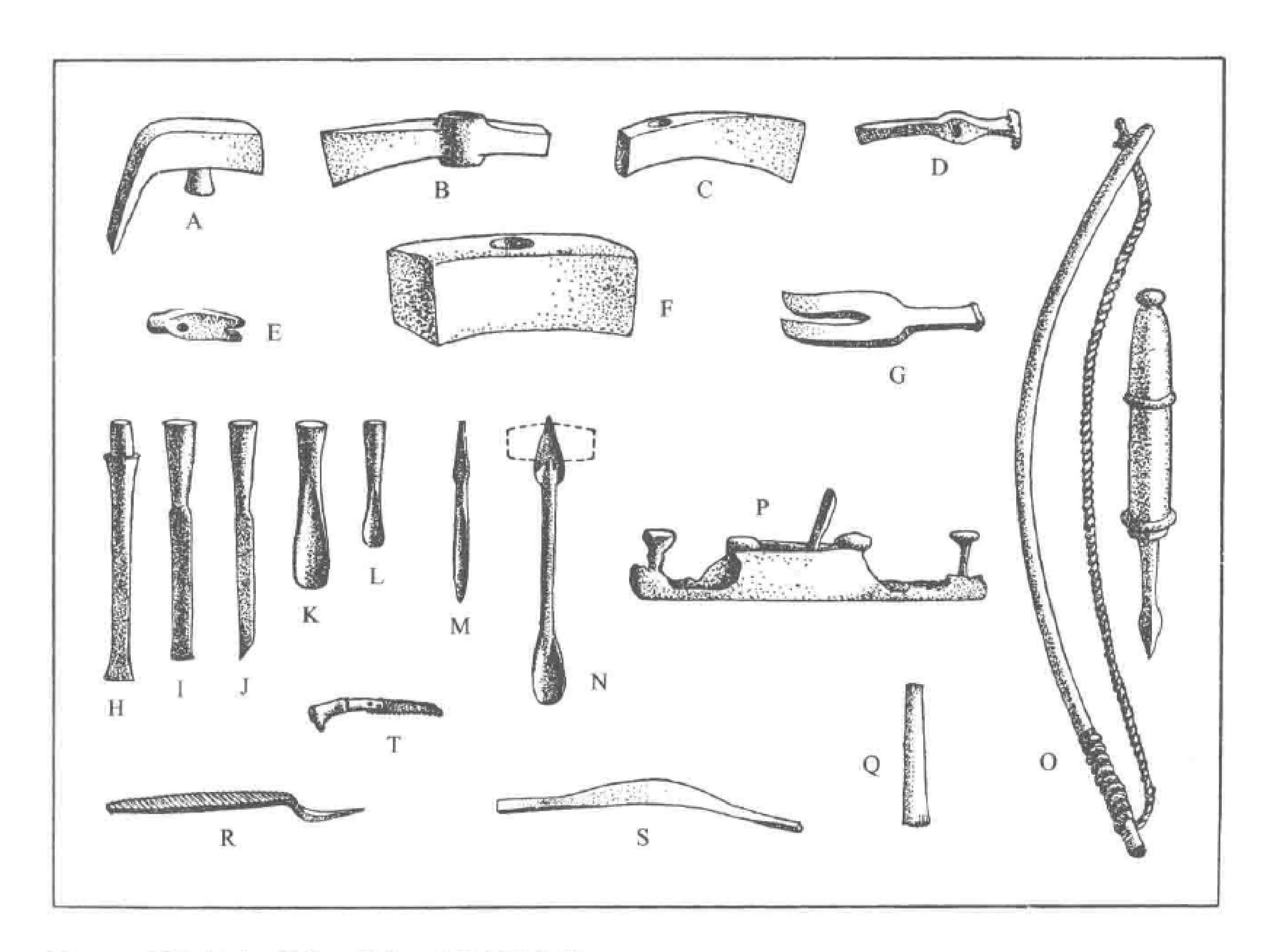


图 206 罗马木匠工具的一部分，多数是铁制的。
(A) 锛锤头；(B) 斧锤头；(C) 斧头；(D) 锤头；(E) 羊角锤头；(F) 木锤头；(G) 拔钉器；
(H) 带鹿角柄的套柄凿；(I，J) 套柄凿；(K，L) 套规；(M) 匙头钻；(N) 配木柄的螺钻；
(O) 弓钻，钻头无疑是可换的；(P) 刨刀的铁架；(Q) 刨光铸模用的刨刀；(R) 锉刀；(S) 拉刮刀；
(T) 双面鹿角柄手锯。



图 207　劳作中的希腊木匠。
来自一个公元前 5 世纪的碟子。他握住一把长柄锛子的中部刨削木料，以使动作灵巧、平衡。整个手臂呈标准的弧形，左手握住木头以便于砍削。

拉，使工件反向旋转。这样就产生了反复，而非持续的转动。于是，原本削制木材要用简单的弯刃刀具向下切，现在则既可向上切削得很光洁，又可免得器械卡住和失控。这种工具可能是在森林伐木场临时应急的，伐木在不列颠（如在奇尔特恩地区）一直延续至今。最早的脚踏车床出现在 13 世纪（边码 643 起），但它几乎可以肯定是一种更早的中世纪的遗物[15]。

木质的车工制品以其完美的几何形状尤其受希腊和罗马人的喜爱，堪与轮制陶器媲美。车木的车床被埃斯库罗斯和柏拉图（约公元前 400 年）提到过，也被以后的维吉尔等作家提到。车木被认为是木工活中重要的技术，柏拉图在谈及“木匠的手艺”时特别提到了它。车床的应用从地中海传到了北欧，有一种不同的木工传统在北欧保留了下来，车木的古老方法则一直保留到最近，尤其是在手工制作椅腿、碗、杯、浅盘等简单的农用木器时[16]。

233

在古典时期，木匠的专业分工比以前更细，椅子匠、箱子匠、首饰盒制作匠之间似乎都有区别。在雅典现存有一个箱子匠的居住区，在罗马有一个木匠的聚居处。木匠的希腊语 *tektōn* 和建造有联系，拉丁语 *lignarius* 则指广义的木匠。*carpentarius* 指专做马车（carpenta）的木匠，所以，现在的通用词“木匠”（carpenter）最早是指马车制作匠（边码 540）。

7.4　技术

古希腊和古罗马时期所使用的技术，看来都是由如何经济地使用

木材来决定的，这也一直是影响东地中海文化里木匠工艺的一个重要因素。古典时期追求完美的理念和木材供应的充足，使人们没有必要用修补或镶嵌来掩饰瑕疵，通过锐利的铁制工具所能获得的更普遍的精细度，降低了用石膏粉进行填充和涂面的必要性（第Ⅰ卷，边码685)。由于木材能够以大尺寸供应，即使用普通木匠也能得到更佳的品质，人们不必使用胶合板和许多巧妙连接之类的做法，这些做法则是埃及木匠所用的（第Ⅰ卷，边码692)。

木料的干燥处理现在已经众所周知。普林尼提到，一些木料还未采伐就被剥去树皮，为的是让木头暴露，树液能流出[17]。另一些木材有可能自然开裂的倾向，尤其是在过于干燥的风中，因此要用粪便进行涂抹，这种方法被认为能使干燥过程减缓[18]。

榫钉、凸榫和榫舌仍然被用来接合不同部件。在表现希腊椅子的浮雕或雕塑中，仔细描绘了用凸榫和榫木将椅面接合于椅脚的画面，正如1000年前制作的一些埃及椅子一样。鸠尾接合一般称为“小斧头”，不过它比古埃及时更为罕见，只是现存实物的缺乏可能会使我们产生误解。金属钉也被用来接合各个部位，钉子裸露的部分也会被加以装饰，胶水和鱼胶用作胶合剂，特别是用在罗马帝国时期很流行的贴面上。

234

木料须经人工弯曲，有可能是用蒸汽。泰奥弗拉斯托斯说，多数硬木易于弯曲，特别是桑木和野无花果木，这两种木材用来做剧场座椅和花环（饰物）的底箍[19]。要想形成克里斯莫斯椅（边码222）的弯腿（它也是大多数剧院座椅的式样），一定要将木材弯曲或迫使树枝顺着弯曲的角度生长。

但是，古典时期的主要革新是车床加工木料的广泛应用，这种技术产生于公元前第二个千年中期，最初可能是想使小块木料的做工更为雅致，但很快就成为迎合了古典对称美的一种重要加工方法。刚刚开始的时候，人们还有实用和强度的概念，这种车工技术的发展还在

合理范围之内。到了公元前2—前3世纪，求雅求奇之风使人们追求精致甚至古怪的车艺，其中大多数想必是不实用的。很少有木制品保存下来，但在金属家具的设计上，时常显露着高度装饰性的车艺的影响（图196）。

木料以其质地和纹路的颜色而受关注，树根处带波浪式纹理的木料和截去树梢的树干最受欢迎。各种不同木纹被仔细加以区分，例如虎纹和豹点纹，还有一种有斑点的木纹被描述成就像群蜂汇集。昂贵而稀少的香橼木广受赞赏，它的木纹就像是酒中加了蜜，呈波浪或小旋涡形。为了增加天然外观美，需要对木料进行特殊处理，就算把木料上漆以模仿另一种木料的效果，也表现出同样的追求。除了一般的研磨以外，鹞鱼皮也用于最后的精细修润。上光是用杜松或雪松油和上蜂蜡进行的。

后来，逐渐增加的普遍贫困、政治动荡和视野的转变，导致人们更少地追求虚荣和奢华，尤其是在西部。以拜占庭为中心的帝国东部仍然保留着富庶的传统，这种传统在后来的希腊化时期因与近东文明的接触有所改变。这里的家具偏爱车削而成的结构，也偏爱象牙及金属的镶嵌装饰。

235 除了木料之外，金属越来越多地应用于家具，尤其在罗马帝国时期，这很可能是由于伊特鲁里亚人的普遍使用和青铜铸造技术的进步。一种奇特的金属家具发展了起来，它倾向于轻小雅致的形体，常饰以线脚、花纹及其他点缀以达到奇异的效果。这种做法影响到木制家具的设计，从罗马人统治下的埃及的两条桌腿中显示了出来。它们在结构上不合理，又薄又细（图208）。其实桌腿在最细处已经断裂。可是，一些金属家具做成了可折叠式，这显示了早期在工具发明上的创新，可折可开，坚固耐用（图199）。说到金属家具，一些金属配件一定曾经得到广泛使用，事实上有大量实物留存至今，包括桌腿、角料、锁、钩、铰链和装饰用的嵌花（图209）。

金属家具早在亚述时期就已存在，这是不争的事实，因为有一

个精美的青铜宝座的各条边及脚踏被保留了下来，这个宝座可以追溯到亚述纳西拔二世（Ashur-nasir-pal Ⅱ）统治时期（约公元前850年）。诸如银脚和包角片等金属配件，也早在中王国（约公元前1900年）时就用在埃及的首饰盒上。图坦哈蒙（Tutankhamen）的行军床（公元前1350年）有大量铜制的铰链插榫，用附带的铰链来折叠床腿。因为金属是珍稀商品，无用或破碎的金属片都将被回收进行重熔。我们不能因为缺乏公元前头1000年里的金属配件实物，就认为这些配件在罗马时期以前未获应用。可是，金属配件的使用似乎并未普及，直到罗马帝国的经济、资源、技术都得到改善，加上青铜供应充足时，这种状况才有所改观。装饰功能更少的配件中，有一些是用铁做的，但它们留存下来的数量不多，品相不佳。全帝国都生产类似的铁钩、包角、箍、铰链及五金器具，它们的设计最后成了中世纪铁匠们的范本。在因斯布鲁克，一具伦巴第人首领（约7年）的木制铁边棺，成为这一技术在北方野蛮民族得到应用的佐证[20]。

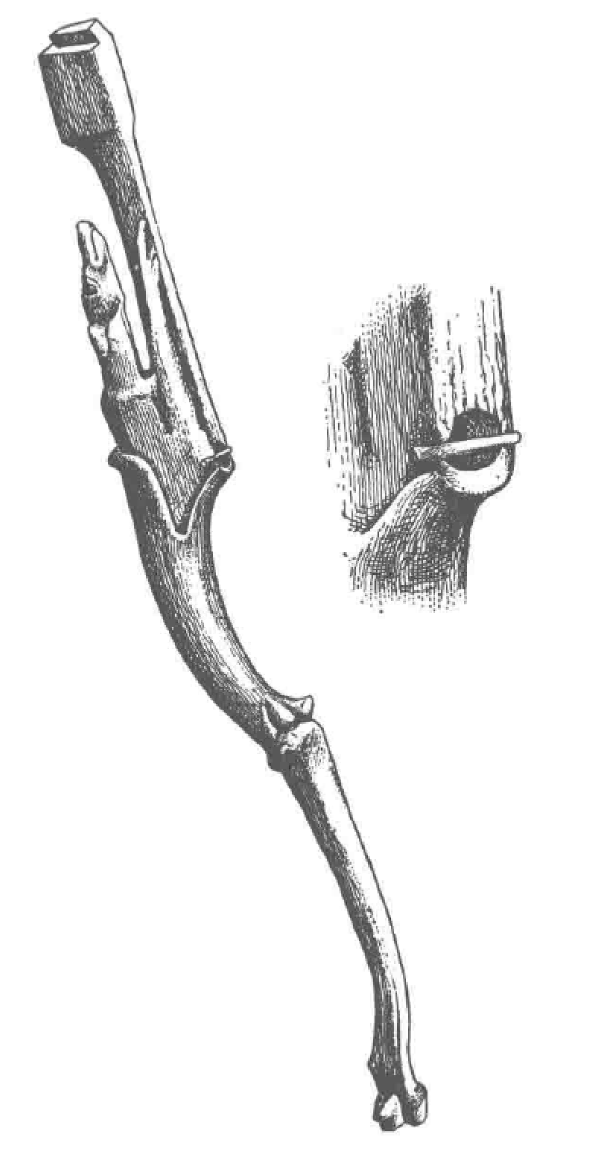


图208　埃及出土的一只桌腿。对照图198和图版10B。兽腿上饰以叶子，有一只猎狗突出于其上。设计的单薄说明其原型为铜制的。小图展示了档板的嵌入方法。

236

在森林遍布的北欧地区，木器制作过程通常有很大不同。这里有足够多的合适木材，也有合适的木制方法，这种完全基于新石器时代的传统方法，可能会用到罗马时代的木匠工具。制作技艺几经改进，由中世纪的匠人传了下来。它可以简单地被称为斧匠、锛匠或刀匠活，

237

而不是地中海地区的锯匠、凿匠和刨匠活，木匠的技术也与细木匠不同（边码 241）。

不幸的是，这种木匠制品的踪迹很少在这片广大地区遗存，所以我们必须通过北欧海盗船遗迹和几乎沿用至今的木制农用器具进行推测。根据实物的比例和简明的接合，这些器具显然避免使用那种生硬、刻板和榫接式的结构。它们的底部是一块木钉拼板或木柱，锛成平整面，然后用刀细雕成小片，为用凿进行深雕做准备。总之，选用较软而易加工的木料，上彩后的外形会更好看[21]。800 年前后，无论是奥斯伯格（Oseberg）和高克斯塔德（Gokstad）所建的搭接鱼鳞板木

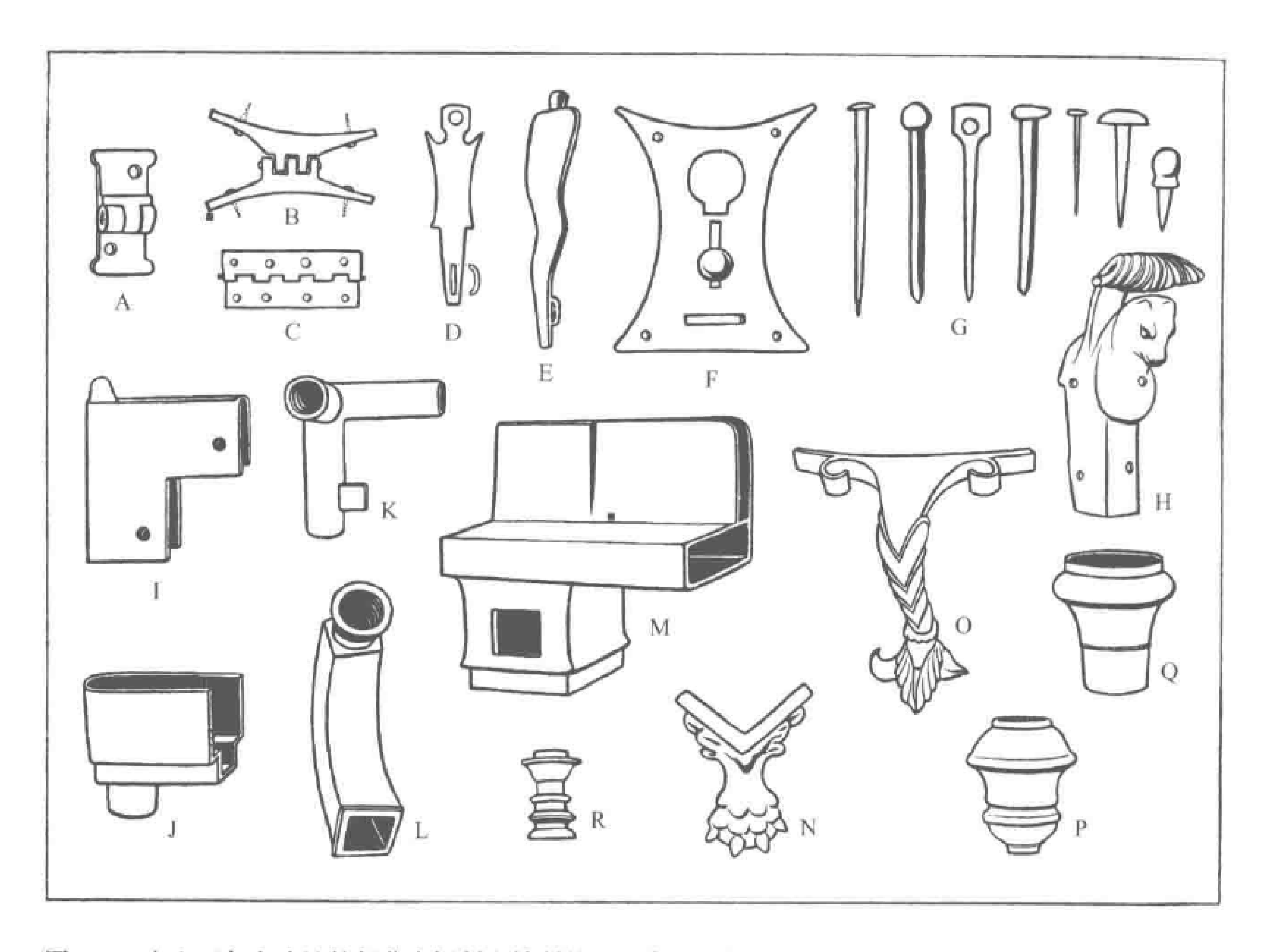


图 209　出土于各个遗址的部分青铜制和铁制的金属家具配件。公元前 3 世纪至 1 世纪。
(A) 三节铰链；(B) 五节弯片铰链，附于环形盒上，铜质带有铁钉；(C) 九节铰链；(D，E) 搭扣；
(F) 锁件；(G) 各种带有装饰的、穿孔的和弯头的钉子；(H) 家具的柄，铸成中空的；
(I) 带枢轴的木门的上包角；(J) 另一扇门的枢轴的下包角；(K) 躺椅的包角；(L) 家具上的中空扇形件；
(M) 衣橱上的包角；(N) 小盒或台子的脚及包角；(O) 圆形台的台脚；(P，Q) 家具上的空心帽；
(R) 家具脚上的箍，铸成实心。

船（图 528），还是挪威那些建造得像反扣船形的“桅式教堂”，都显示了这种技术的充分发展。

在这片北方地区，家用器具直到前些年还是用整块木头雕刻出来的。一只在奥克尼泥沼中发现的 9 世纪的凯尔特盒子，用一块赤杨木制作并饰以雕刻[22]。一只位于卡那封的箱子及另一只在温伯恩明斯特的沉箱（两者均属盎格鲁－撒克逊时代），都是用树干劈削而成，就像出土的独木舟，它们是新石器时代技艺的传承[23]。

古典世界侵犯北方地区唯一可以估量的影响就是车床的传播。6 世纪，阿勒曼尼人首领的一具棺材是用车制件做成的。包括北安普敦郡的厄尔斯巴顿地区的教堂在内的盎格鲁－撒克逊教堂，显示出了从车制木栏杆的原型向石质的转变。

最后要谈谈编织工艺，它在这个地区看来很流行，可能是因为有足够的柳条可供取用，几乎也肯定是一种史前工艺的传承，未随时间而改变。一座 3 世纪的高卢—罗马式浮雕上雕着一把竹条椅，它的现代化造型让人吃惊[24]。在意大利，编织工艺可能影响了某些伊特鲁里亚椅子或宝座的设计，但在共和国末期以前很长时间，它就已经不再是贵族阶层的专用家具了。

238

从这里所谈及的时代，我们看到了被地中海古代文化促进发展的家具设计，也看到了技术传统如何被罗马人吸收并完善。在罗马人的脑子里，想的都是奢侈和浮华。实际上，每种由欧洲现代家具工人重新发现的技术，都早已为罗马的匠人通过改进的铁制工具所掌握，包括贴面、镶嵌、金属镶嵌、起纹、车工以及诸如龟甲、象牙、金、银、铜及次等石料等材料的使用。这种追求奢华的贵族化品位随着主人的没落而湮没，直到后来的贵族时代才重见起色。但是，罗马细木匠的基本技艺没有失传，而是被一个新主人——教会——保留了下来，尽管基督教的理想在大多数时候与奢侈及世俗的炫耀为敌。这些技术改革了北欧所用的一些木制方法，产生了中世纪的家具制作风格。

相关文献

[1] Pliny Nat. hist., esp. XIII–XVI. (Loeb ed. Vol. 4, pp. 98 ff., 1945.)
Theophrastus De historia plantarum, esp. III–V. (Loeb ed., 'Enquiry into Plants', Vol. 1, pp. 158 ff., 1916.)

[2] Pliny Nat. hist., XIII, xxix, 91 ff. (Loeb ed. Vol. 4, pp. 152–4, 1945.)

[3] Idem Ibid., IX, xiii, 39. (Loeb ed. Vol. 3, p. 190, 1940.)

[4] Anthologia Graeca, VI, 204 and 205. (Loeb ed. Vol. 1, p. 404, 1916.)

[5] Petrie, Sir (William Matthew) Flinders. 'Tools and Weapons', chap. 4. Egypt. Res. Acc. and Brit. Sch. Archaeol. Egypt, Publ. 30. London. 1917.

[6] Idem. Ibid., Pl. li, no. S 32.

[7] Idem. 'Six Temples at Thebes', p. 19 and Pl. xxi. Quaritch, London. 1897.

[8] Curle, J. 'A Roman Frontier Post and its People', Pl. lix, no. 12. Maclehose, Glasgow. 1911.

[9] Petrie, Sir (William Matthew) Flinders. See ref. [5], Pl. xlviii, M4.

[10] Idem et al. 'Tanis Pt. II: Nebesheh and Defenneh', p. 78, Pl. xxxviii, 4. Egypt Exploration Fund, Mem. 4, 1888.

[11] Petrie, Sir (William Matthew) Flinders. See ref. [5], p. 39, § 107.

[12] Idem. Ibid., p. 39, § 108.

[13] Curle, J. See ref. [8], Pl. lix, no. 2.

[14] Holtzapffel, J. J. 'Turning and Mechanical Manipulation', Vol. 4, pp. 1–25. Holtzapffel, London. 1879.

[15] Salzman, L. F. 'English Industries of the Middle Ages' (new enl. ed.), p. 172. Clarendon Press, Oxford. 1923.

[16] Peate, I. C. 'Guide to the Collection Illustrating Welsh Folk Crafts and Industries' (2nd ed.), chap. 2. National Museum of Wales, Cardiff. 1945.

[17] Pliny Nat. hist., XVI, lxxiv, 192. (Loeb ed. Vol. 4, p. 512, 1945.)

[18] Idem Ibid., XVI, lxxxi, 222. (Loeb ed. Vol. 4, p. 532, 1945.)

[19] Theophrastus De historia plantarum, V, vi, 2; vii, 3–4. (Loeb ed. 'Enquiry into Plants', Vol. 1, p. 452, and pp. 456 ff., 1916.)

[20] Brown, G. B. 'Arts and Crafts of our Teutonic Forefathers' (Rhind Lectures for 1909), p. 108; Pl. iv, fig. 15. Foulis, London and Edinburgh. 1910.

[21] Schmitz, H. 'The Encyclopaedia of Furniture', p. 8. Zwemmer, London. 1936.

[22] Stevenson, R. B. K. Proc. Soc. Antiq. Scotld, **86**, 187, 1951–2.

[23] Pollen, J. H. 'Ancient and Modern Furniture and Woodwork', Vol. 1 (rev. by T. A. Lehfeldt), p. 55 (Footnote). H. M. Stationery Office, London. 1908.

[24] Cotchett, Lucretia E. 'Evolution of Furniture', Pl. 1. Batsford, London. 1938.

参考书目

Blümner, H. 'Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern', Vol. 2, Zehnter und Elfter Abschnitt. Teubner, Leipzig. 1879.

Petrie, Sir (William Matthew) Flinders. 'Tools and Weapons.' Egypt. Res. Acc. and Brit. Sch. Archaeol. *Egypt*, Publ. 30, London. 1919.

Pollen, J. H. 'Ancient and Modern Furniture and Woodwork', Vol. 1 (rev. by T. A. Lehfeldt). South Kensington Museum Art Handbook no. 3. H. M. Stationerty Office, London. 1908.

Richter, Gisela M. A. 'Ancient Furniture.' Clarendon Press, Oxford. 1926.

Schmitz, H. (Ed.) 'The Encyclopaedia of Furniture.' Zwemmer, London. 1936.

第 2 篇　后罗马时期

R. W. 西蒙兹(R. W. SYMONDS)

7.5 “哥特”时期

240

到 1000 年，欧洲正在进入中世纪时期，北部和西部的野蛮部落则在发展着文明时代追求享受的习惯。他们的木制品仍然比地中海地区粗糙得多，尤其不如意大利，但他们以自己的方法坚持着模仿。由此，家具的所谓“哥特”时期(此称未必合适)开始了。

随着罗马帝国的崩溃，西方精美的木制工艺随之衰微，使得木匠们的粗劣制作少有变化。他们用的主要工具——斧、锛、锤、锯和凿，已经应用了几千年，他们的工具袋中的东西与埃及木匠们的几乎相同(第 I 卷，图 487—489)。在每座城市，树干正不断被斧、锛和双人竖拉大锯变为梁、柱和板。

在整个中世纪，无论是船只、房屋、马车、房子，还是教堂内部的木制品及家具，许多不同的东西都对木材有大量需求。欧洲的木材资源分布并不平衡，所以当橡木盖的房子在一些地方司空见惯时，其他地方的房子使用的往往是枞木或松木。只有当某一地区缺乏适合盖房的木材时，才用石头作为建筑材料。为了做出高质量的家装或家具，木材可能会从很远的地方运来，至于一般的家装或廉价的家具，当然用本地木材就可以了。所以，在胡桃木稀少的英格兰，这种木料只被用作高级家具，但在胡桃木相对较多的法兰西、意大利、西班牙，甚

至一般家具都用胡桃木做。

在意大利之外，14世纪以前遗留下来的家具几乎无法找到，只出现在经典古籍的插图中。南欧——尤其是意大利的家具，在11世纪甚至更早以前取得了很高的技术成就。意大利匠人运用了镶嵌、贴面、榫接、鸠尾接合技术的时间，要比北欧匠人早得多。例如，做抽屉的要素在意大利并未失传，各块板面都要用鸠尾榫或用钉、栓接在木制的前后板上，这也是古代文化的完全承袭。梵蒂冈仍然保留着装有小抽屉的衣橱，这在8世纪的一份记录中被提及。

241

鸠尾榫抽屉在古埃及十分出名（第Ⅰ卷，图495）。在古希腊及古罗马，抽屉可能也十分普遍，虽然罗马的金属把手（据信是抽屉把手）是唯一的证据。很可能从罗马时期到文艺复兴时期，意大利都在不断地生产抽屉，其间没有停顿过。在北欧，还没有证据表明抽屉来自这么遥远的世纪，人们推测它只有到中世纪才在北阿尔卑斯地区使用过。无论如何，它沿着莱茵河谷进入了日耳曼、法兰西和低地国家，这条线路也是许多南部的发明传入北欧的线路。直到15世纪，英格兰才有了抽屉，人们叫它抽斗或抽拉盒（图版13A）。

7.6 木工的工艺分化

在中世纪的北欧国家里，房屋的主要建造人是木匠（图版30A），这一名称的来源在其他章节论及（边码233、边码540）。木匠先要构建房子结构框架、地板及房顶，等泥水匠完成泥活之后，再把注意力集中于内部的木工活。在我们这个时代的开端，木匠还做家具。

正如房屋的框架一样，早期的中世纪家具很笨重，结实的木柱和厚板被用钉或铁条简单地连接。橱柜（拉丁文写作 *armariui*）及书柜由木板制成，长餐桌用厚板做桌面，一般用一块单板，通过巨大重量压牢松散的支架。箱子是将结实的木板用钉或木钉拼成的。座位主要是固定于墙壁的长板凳。

可移动的家具不是很多，包括长支架桌、长凳、长板凳、长靠椅、凳子、椅子、箱子、橱柜和食橱。食橱（cup-board）这个单词最初在字面上是指一块上面放饮料杯的板，后来才有我们现在的碗碟橱这个词。一个装有门的空间（现在叫作小橱）在中世纪时称为食品柜，它主要用来放食物，独立放置或建于墙上的凹处。

家具的厚实及粗糙度未必像人们想象的那样显而易见，因为中世纪早期的人们在桌上盖上布和毯子，在椅座上放上垫子，在长椅背上放上衬垫，在椅上放上椅套。木工活暴露的部分，例如敞开的木屋顶、门、墙的木衬，都被漆上颜色，给家庭生活增加了愉悦和安详。

242

木匠和铁匠配合工作，因为房子的外门需要用铁加强，以防别人破门而入，放贵重物品的箱子四壁都加了厚重的木板，顶盖用铸铁件覆盖。铁匠的锻铁钉也被木匠用来拼钉所做的箱子、橱柜及墙衬里的木板，另一选择是用木钉，但这可能是后来某个世纪的发展[1]。

木匠工艺的关键是对木梁、木柱、木拉条、木箍和托梁进行组合，赋予建筑整体以力量。特雷德戈尔德（Thomas Tredgold，1788—1829）写道："真正的木工活是一种将各块木料构建起来的艺术，它能承受任何重量或压力。"[1] 在对家具进行任何程度的改良以前，必须发展细木工这种新的手艺。很难说它在哪个世纪第一次出现，但肯定是在意大利。正如前文已提及的梵蒂冈衣橱所表明的那样，人们到8世纪时已经知道细木工或同类工种。在西欧，直到11世纪或12世纪才出现细木工，在英格兰则要到13世纪。直到那时，接合处（与木材的处理相反）的极端重要性才被那些关注可移动或不可移动的家具生产的木匠所认识。莫克森（Joseph Moxon，1627—1700）说："细木工是一种手工艺术，它将各种不同木件通过直尺、矩尺、斜角尺

1　一直到17世纪末，铰链、锁、插销和家具上的其他铁质部件，都是用钉子而不是螺丝钉固定的。虽然在远古时期就已经知道螺丝钉，但直到16世纪，它才被用于木工，当时它也取代了锁匠和钟表匠的工艺中的楔子。北欧的木匠（南欧的也一样）在17世纪前并未广泛使用螺丝钉。

或任何角规连接固定起来，以使其看起来是一个完整的整体。”[2]（图版 15C）

一开始，细木匠的工具与木匠的相同，但当细木匠做的家具变得更精良且规模更小时，工具也相应地得到改进（图版 12），出现明显的不同。因为要承受更强力的使用，木匠的工具显得更笨重、更坚固。例如，木匠的斧头很大，这是为了“能削大家伙”，还有一个长长的把手，使用时用两手同时握住，是为了“平削或斜削木头”（图版 30A；第 11 章）。相反，细木匠用的是一把轻的短柄小斧（图 226L）。因为用时只出单手，所以只需一个短把手即可。木匠和细木匠都用锛子除去木料表面的细小残片以平滑木料（图 225B），一个高超的细木匠更加精于使用锛子，以至人们很难判断木料表面是锛的还是刨的。刨子当然为古时人们所认识（图 206P），中世纪的人们却对它一直无视，直到 13 世纪（图 200、图 356、图 358）才有所改观。

243

在干粗活的时候，木匠用带坚固手柄的凿子，以承受锤子的敲击，细木匠使用凿子却时常感到运用手的压力已经足够。“细木匠用肩膀的力量将刃压入物体，而木匠则用锤子的敲击力”[3]（图版 30A，图 350）。细木匠的榫木凿用锤子敲击，雕刻匠用的凿子常常也是如此。

在所有的工具中，锤子是最主要和最基本的（第 I 卷，第 6 章）。伦敦铁匠公司的徽章上，有三把锤子和一句箴言：“靠咱锤和手，万艺皆上手。”在木匠、细木匠和雕刻匠的技艺中，锤子是基本工具，因为木制品的接合处必须钉上铁钉或木拼钉（图 225，图版 12、图版 30A）。

除了雌雄榫和鸠尾接合方式之外，细木匠还有其他的独特制作方法。最重要的是嵌在一个框架中的散板，嵌板方法不仅节省木头而且使家具更轻（图版 13A）。和抽屉一样，嵌板首先在地中海文明中发现。在古埃及（第 I 卷，图 485、图 490、图 495—498）和古罗马，人们也知道这种工艺，因为在拉韦纳发现了一个 8 世纪的带嵌板结构

的象牙宝座（图版 11）。6—7 世纪著名的《阿玛丁奴斯》手卷中有一张画像，上面是圣以斯拉（St Ezra）坐在一个书柜前，从打开的柜门可以看到后面是嵌板式结构（图 210）。

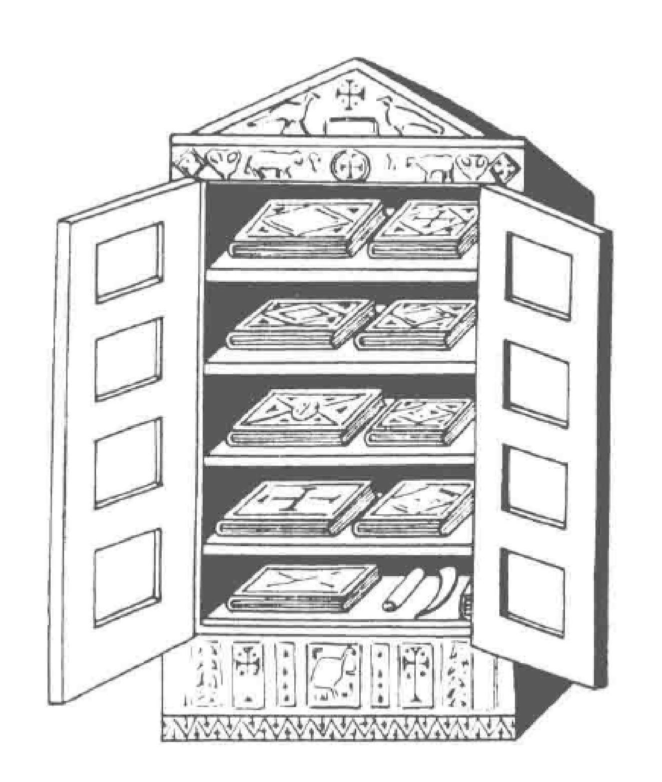


图 210　书柜。
内放圣经典籍、笔架和兽角墨水瓶，门背呈嵌板式结构。出土于意大利南部，6 世纪。

244

几个世纪以后，嵌板式结构才传到北方。好像直到 13 世纪，德国和低地国家才出现了这种工艺。在英格兰，木质墙衬里是用或压叠或企口接合的木板制成的，以防板材间收缩而引起裂缝。直到 14 世纪，这些木板才被嵌板式结构所取代。

作为屋子隔冷和隔湿的一种方法，衬木墙在北方地区有特别的重要性。所以，嵌板（或叫衬板）的制作就成了一项专业活动。编年史作家斯托（John Stowe，1525—1603）说，Ioyners 公司——按古代标准也叫 Ioyners and Seelers——被誉为一个可爱的集团，在伊丽莎白女王执政第 13 年（1571 年）获得了女王的赞助和支持[4]。换句话说，细木工活的一个分支得到了认可。源于衬板的动词“加衬”是一个 15 世纪的词汇，意思是用木件衬里，即嵌木。

更好的嵌木是用所谓护墙板橡木做的，它是一种多半从汉萨同盟地区运来的特殊质量的木材（图 695）。哈里森（William Harrison）在他的《英格兰纪实》（*Description of England*，早于 1577 年）中说：“所有在英格兰生长的橡木中，公园橡木最松软，比棱形橡木更脆、纹路更短。所有在埃塞克斯生长的橡树中，生长在巴德菲尔德公园的最适合细木匠使用。我时常见到他们用这种橡木制作木制品，精美又雅致。

我们的大多数护墙板都来自丹麦，因为它们不产在英格兰。”[5]

护墙板被四开，也就是沿着半径从外到中央将其锯开，虽然这种切法很浪费，不如平直锯开的板宽大，但这种切法使板材不易翘曲，最大限度地防止了收缩。这种锯法也显示了木材的美丽纹理。这个特征现在虽然广受好评，在中世纪时却不受欢迎，因为护墙橡木家具和嵌木常常覆以装饰性的涂漆。由于很少有本地橡木可以在木组织的柔和度和纹理的直度上与护墙橡木相比，因此后者被英格兰所有的上等家装和家具使用。一段时间里，护墙板材成了嵌木的同义词，不管到底用的是什么木材。

桶板是另一种橡木。四分木不是锯开的，而是用铁劈在最薄部沿着辐射状线条劈开或断开，这样就得到一张有美丽树纹的木板。它也不易翘曲或收缩，而且干得很快，被桶匠广泛用来做酒桶（边码 136，图版 3B、图版 38B）。它对壁板工的护墙板嵌木极有价值，前部不平的表面被刨平或锛平，每块嵌板由一块无缝的板材构成。

245

嵌板按槽形构架松散地排列着，这样当木材收缩时可以防止开裂。15 世纪和 16 世纪对嵌板的需求是如此之大，以至在许多细木匠的作坊中，嵌板或多或少是批量生产的。在北方中世纪或称家具制作的“哥特”时期的最后阶段，众所周知的雕饰卷纹线脚式嵌板在德国、低地国家、法国和英格兰流行起来。它外表像是雕刻的，但那些卷纹式雕饰实际是由线脚刨机械地刨出来的，只有收尾工作由刻工的凿子完成（图版 15D，图 356）。

7.7 雕刻匠

雕刻匠分为石刻匠和木刻匠，不能身兼二职。因为一个人要么接受木匠的训练，要么接受泥瓦匠的训练；要么属于木匠公会，要么属于泥瓦匠公会。从充斥在中世纪大教堂的石刻来看，石刻匠和泥瓦匠原先不容易区别，正如木刻匠是最早的木匠或细木匠一样。

人们往往传说木刻匠学了石刻匠的技艺，但这不大可能。因为石头是颗粒状结构，自然单位是块，木头则是纤维结构，自然单位是梁或板。一块细长的石头会折断，一块木块由于木质干燥会趋于开裂。木料的优缺点由纹理决定，需要循着纹理单独刻出局部后进行拼装。在出现细木匠手艺之前，不可能有这种组合结构。这样，12 世纪的木刻匠必须忘记纹理的局限，通过在硬木上雕刻，赋予自己的作品一些石刻的特征。的确，15 世纪和 16 世纪的嵌木工艺有时应用了泥瓦匠的拼合方式的线脚，但这仅仅是因为将线脚置于四角要比把它沿对角线拼接起来更为容易。

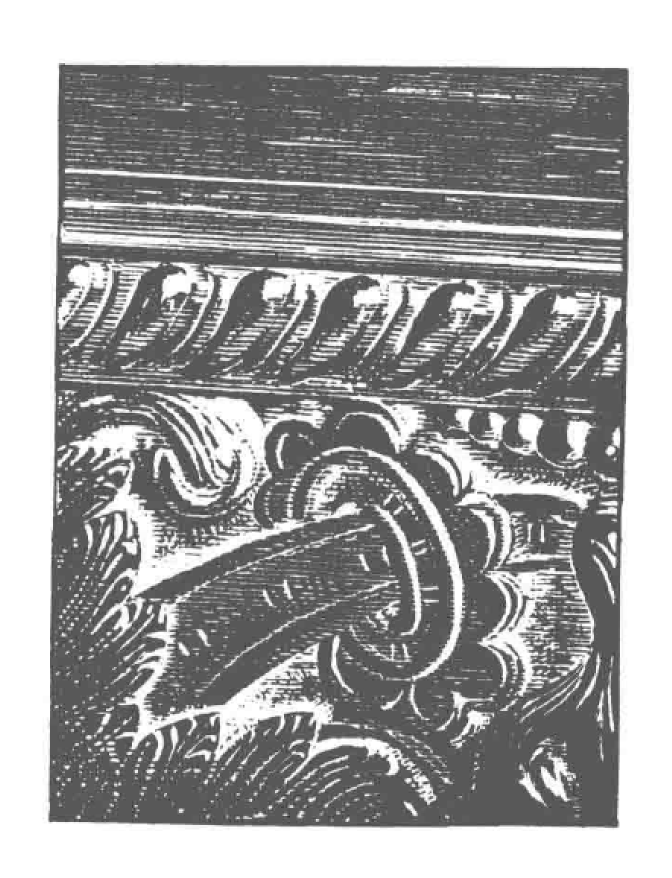


图 211　在浮雕上雕刻。
一张伊丽莎白时代橡木镶板箱的局部（见图版 15B）。

246

当细木匠从木匠中分离出来组织自己的手工行会时，雕刻匠自然紧随其后，因为连接式结构不仅使雕刻匠的活更容易，而且住宅和家具的雕刻工作量一般都不大。后来，这两门手艺达成了一致意见，“所有用刻具而不用刨的雕刻活”[6]都属于细木匠的范围，而不能算是木匠活。

除了在圆形物或浮雕上雕刻以外（图 211），还有几种更简单的雕刻，更需要耐心而非技巧。例如，有一种凹刻法是“将底镂出”，为了强调设计，凹陷的背景要用带夹头的工具点刻或穿刺（图 212）。此外，点刻法也有淡化表面上的任何不平整的作用。另一种简单方法是线刻，用半圆凿顺着凿出来的一条伸展在表面的单线进行（图 213）。为了防止雕刻效果的单调乏味，其他刻法经常与这种刻法一起使用。

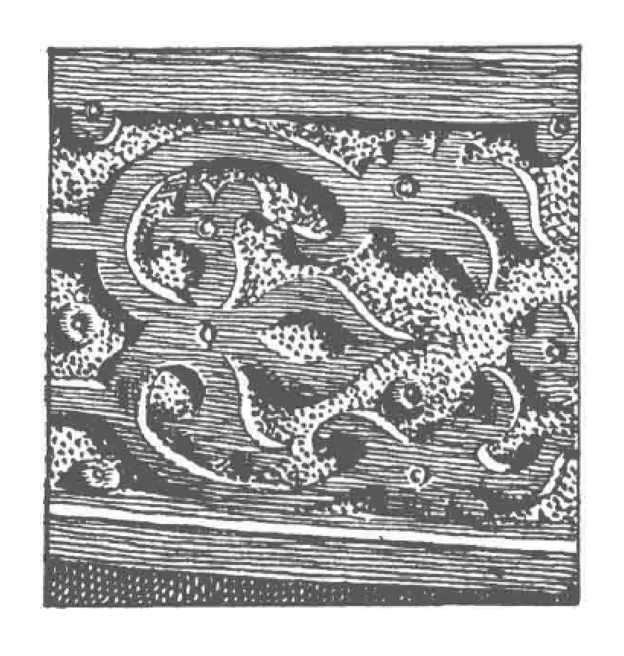


图 212　底色下陷入或凹入的刻法。
取自 17 世纪早期英国衣柜的一块腰板。

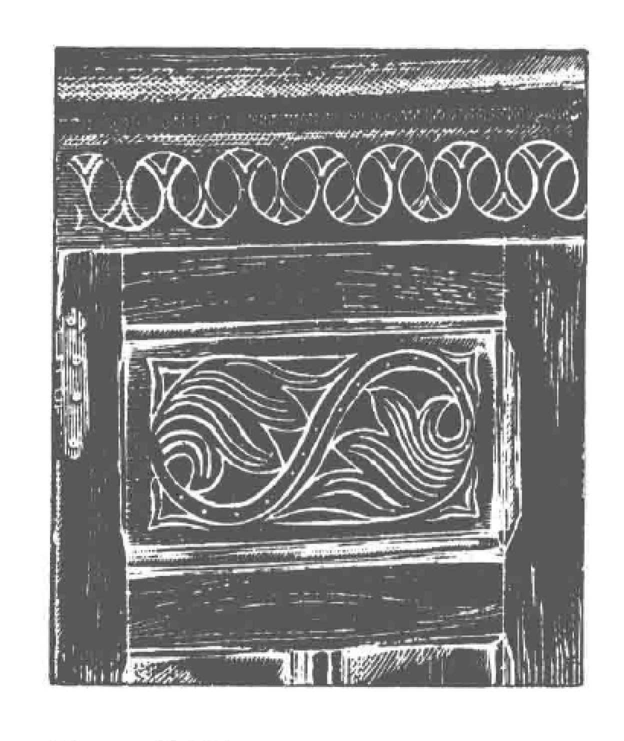


图 213　蚀刻法。
一个 17 世纪英国衣柜的局部。

在中世纪及以后的整个欧洲，用得很多的一种重要刻法是凿刻。木头被凿子沿着工具边呈半圆形的方式凿出，形成了一排凹槽的效果（图 214）。凹刻、槽刻和线刻方法简单，相对技术而言，它们更需要细心。如果采用这些技艺，普通细木工的效率将与刻工一样高。

247

一种更机械的装饰方法是用钢冲压机冲压木料，以产生圆、星、花饰等形状。冲压与槽刻、线刻、凹刻一起使用（图版 13D）。人们在 15 世纪的家具上发现了这种方法，但是它的起源可能早得多。还有一种早期在欧洲和英格兰广泛使用过的装饰刻法是削刻（图 215），不是徒手雕刻，而是按固定的方形和圆形凿刻，削刻出的圆形物是早期箱子外板的美丽装饰。

7.8　漆匠

我们在涂漆的木制品中找不到中世纪的雕刻（与人们的想法相反），但那时的雕刻经常上色和贴金。中世纪的人们——尤其是生活在北方阴沉天气下的人们——喜欢亮色，好像从来就不喜欢木料的自

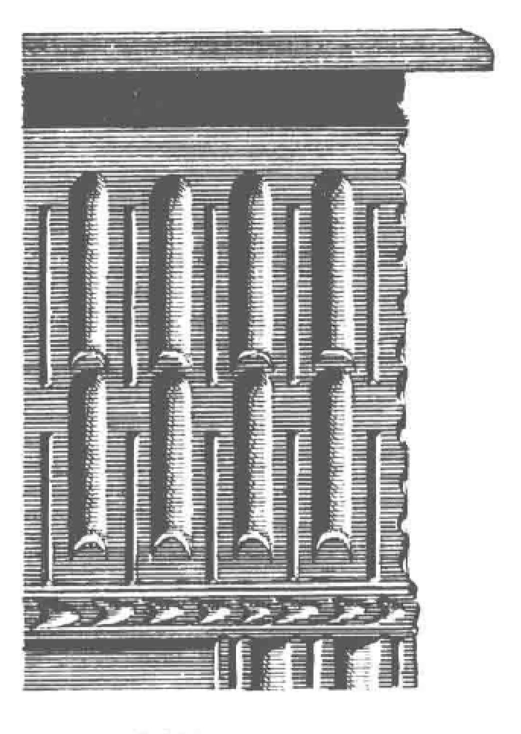


图 214 凿刻法。
一只 17 世纪早期英格兰箱子的局部。

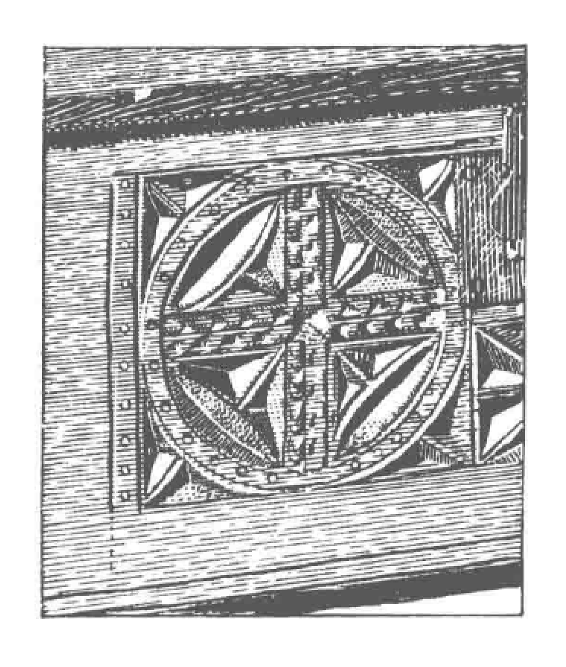


图 215 削刻。
取自一只 16 世纪后期英格兰的小箱子
(见图版 15A)。

然纹理。石刻工艺品也上色和贴金，虽然不那么多。从 13 世纪早期开始，有许多墙衬及其他建筑内部木制品被大量画上人形、历史故事、鲜花、星星等的记录。众多 16 世纪和 17 世纪用涂蜡和打磨来保护表面的护墙嵌板，原先被画上各种颜色，在朴素的嵌木上经常加以装饰性设计。这种装饰很少保存到现在，原因是当油漆褪色时已经无法修复而剥落。家具最后也涂上彩色漆，上面刻出的鲜花、面具、人脸被涂得栩栩如生。

248

所有的上色和贴金工作，必须由一位独立的漆匠来做。所以，细木匠不能漆他自己做的家具，否则马上就会惹来漆匠们的抗议和市政当局的调查。

很难判断普通中世纪家庭的家具有多少上了漆，但从留存的实物及偶然的记录中，我们可以推测涂漆之风盛行。例如，大约在1530年，约克郡贝弗

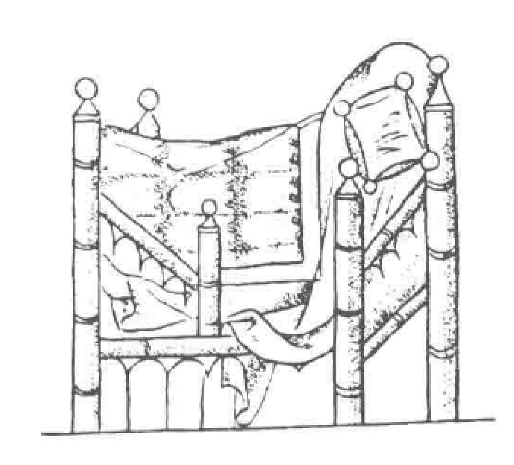


图 216 旋制的床腿。
取自一份 14 世纪英格兰的占星术手稿。

利一个叫卡德拜(John Cadeby)的泥瓦匠家的大厅中，放着“一张餐桌，漆成黑黄色，装饰着玫瑰花”。1547年，在杂货商博丁顿(Stevyn Bodyington)家的大厅中，“有一个胶合的椅子被漆成绿色，装有踏板”。1564年，在一个北方国家的记录中提到“一个上漆的装门的小橱柜”。不过，这些记录中的物品并不常见。更具启发性的是，虽然很少有中世纪或16世纪的英格兰家具被保留下来，但遗存至今的大多数家具都有上过漆的痕迹。现在看来很朴素的一只橡木箱，几百年前可能被惹眼地装饰过。教区教堂的木制品被毫不吝惜地上了漆，教区牧师们雇用漆匠装饰其房内的板壁。在英国的记录中说到了上漆，箱子是最普通的东西，提到它的颜色时，经常是红色或绿色。

来自皇家衣物保管处的记录，提供了亨利八世和伊丽莎白一世的家具上彩和装金的详细证据，这个过程由皇家漆匠来完成。1582年，漆匠受雇为一件胡桃木床板上漆，必须用“好金好银，雕上五彩兽花，装金要精良，底色要用银”，还要在缎子华盖顶和帘框上“绘制347朵花饰”。

漆艺最精致的家具在上漆前要先涂上一层石膏粉(边码363；第Ⅰ卷，边码701)，其他家具则是涂上一层底漆。意大利的上彩和装金的家具有时在木坯上紧贴一层帆布，为石膏打底，以防止木头收缩和石膏开裂。在伊丽莎白一世统治时期，随着文艺复兴在英国的全面推进，加上受到意大利的影响，北方中世纪的漆木传统衰退了。市民的起居室和床头柜的木漆工艺，被天然木料上的雕刻和镶嵌所取代，仅由一薄层清漆保护。

249

7.9 木旋工

通过钉入雌雄榫和构架式嵌板(图版13A)，细木工艺在16世纪达到了很高的水平。细木匠成为全面的家具制造者，他们做出各种式样的橱柜、衣柜、桌子、衣橱(图版13B—13D、图版14A—14D)，

长椅、高背靠椅、椅子、凳子、床，还有房屋配件及嵌木。不过，细木工艺不是中世纪欧洲生产家具的唯一工艺。有其他几种工艺里，主要的木旋工艺是最为古老，从公元前 8 世纪以来就在近东为人熟知。

罗马时代以来，木旋家具一直在北欧不断生产。7 世纪以来的绘图文献，显示出了许多木旋的椅、凳、台架和床（图 216—218）。木旋椅的坐板由三四根车出来的粗木柱支撑，底横条支撑着车出来的纺锤形立柱，用暗榫固定。至少在撒克逊时期到 17 世纪，这种车工所制的椅子的设计为人所知。在这 1000 年的时间里，它的设计少有变化，虽然早期椅子比后期的更重更大。我们通过在中世纪图画中出现的有三足支撑的车加工凳子来判断，它们在整个中世纪欧洲一定曾广泛流传过（图 219）。

250

根据加工品的大小，木旋使用多种不同的车床（边码 643）。加工桌腿或凳腿，就得使用一种“脚踏”车床（图 220）。加工重活，则用一种“大轮”车床，它是根据加工物的重量由一个或两个把手控制的（图 221）。第三种车床叫“踏轮”（图 222），用来加工精细及轻的物品。

对西北欧的家具制造来说，迎来了中世纪的晚期或称“哥特”时期。哥特时期的桌子，原先只是固定在坚硬架上的一块木板（图 94），

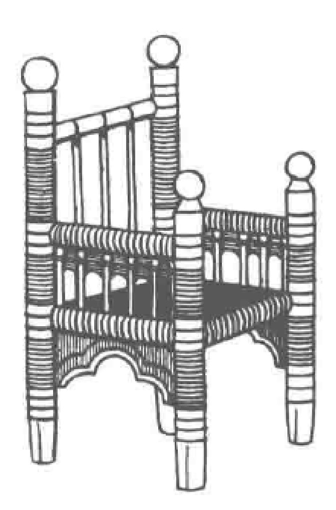


图 217　旋制的椅子。出自 14 世纪沙特尔的一个浮雕。



图 218　旋制的桌子的局部。出自 10 世纪希腊手稿中的圣路加（St Luke）的画。

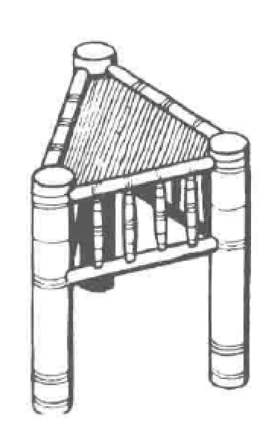


图 219　旋制的三足凳的局部。出自一幅 1430 年的油画。

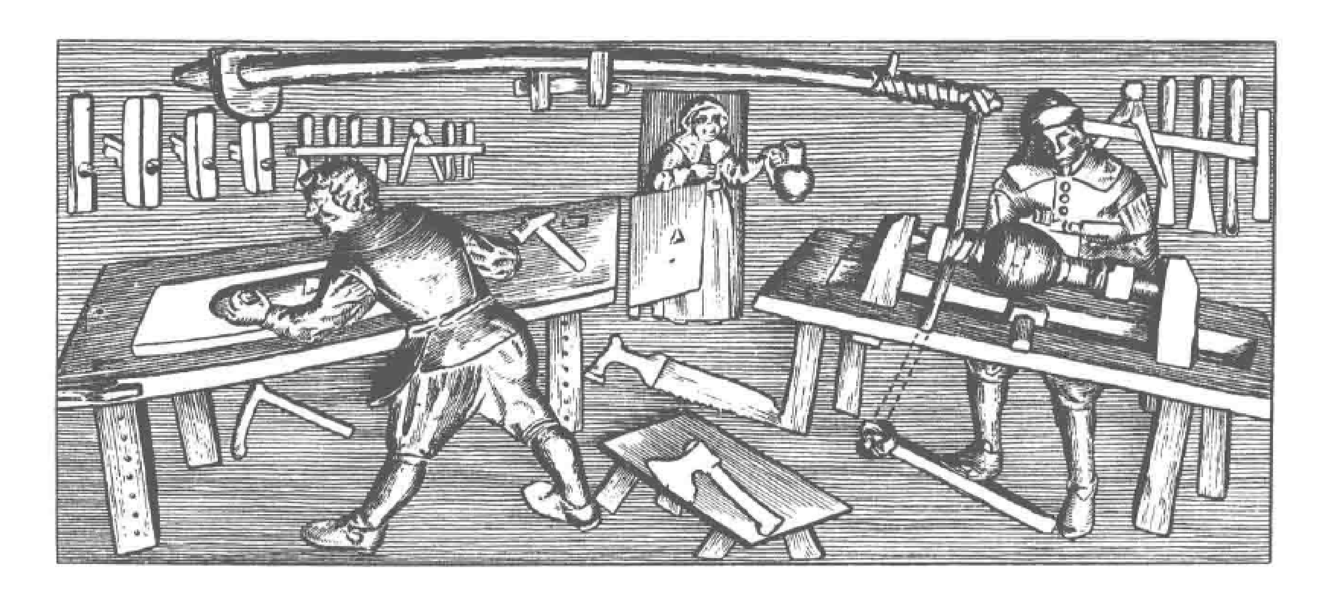


图 220　雕刻嵌板描述了一个细木匠和一个车工在劳作。
前者在刨一块板，后者在用脚踏车床（虚线是复原出来的）加工桌腿。注意壁架上的凿子和刨子。车床及椅子的腿部用楔子支撑。对照图 224。低地国家，约 1600 年。

后来木板架在了末端的几根木柱形框架上，木柱则由上面的横档和下面的横木板支撑（图 229，图版 14A）。椅、凳和靠椅经历了巨大的变化，因为它们现在被设计成由扶手、腿和横档组成的构架，而不是由边上的木板来支撑。这种后哥特家具的木柱和木腿急需某些装饰，

251

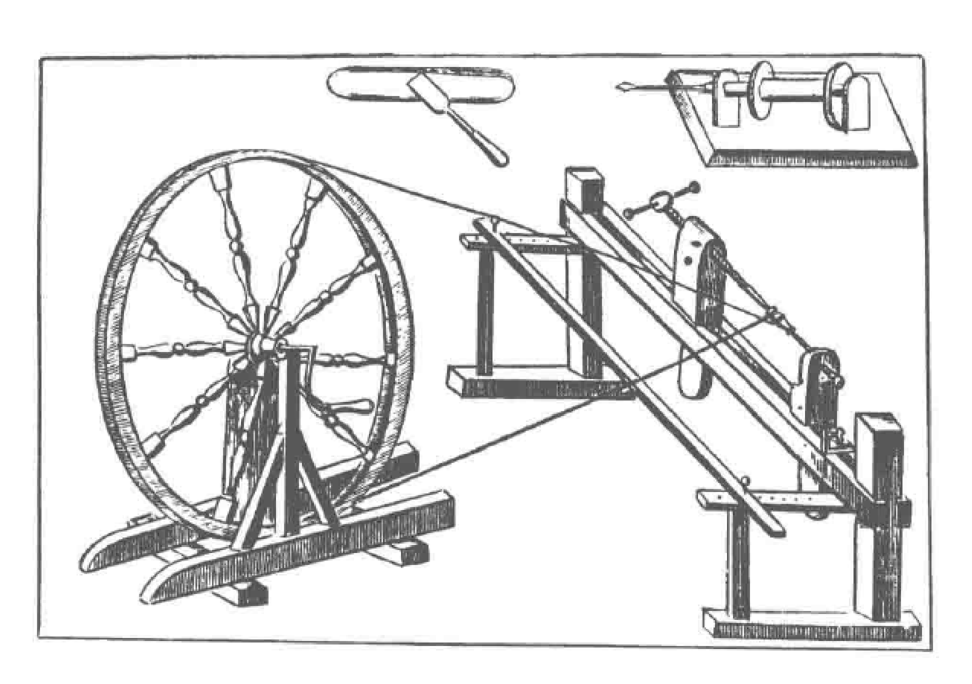


图 221　“大轮”用于加工重东西，用一或两个铁把手控制。来自莫克森的《机械操作》(*Mechanick Exercises*)，1703 年。

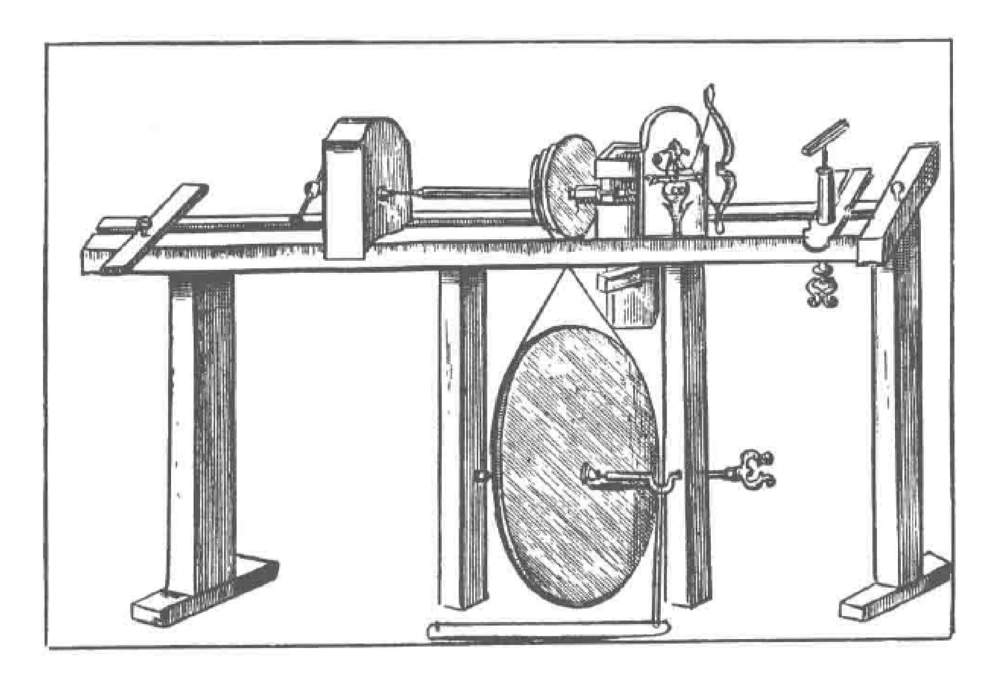


图 222 “踏轮”仅用于小物件的加工。在木旋兽角墨水瓶之类小物件时偶尔会用到一张弓。出自莫克森的《机械操作》，1703 年。

车工工艺能够很好地解决这一问题，因为它拥有无穷的设计变化。到 16 世纪，车工们不仅生产自己的椅凳（几个世纪以来他们一直是这样做的），而且帮细木工们装饰优质的椅、凳、桌（图版 14B—14D）和床。这样，在经历了三四个世纪的分裂和竞争之后，细木工们和车工们开始合作，虽然车工们仍然不断为廉价市场提供暗榫接合的车制家具。

7.10 简单家具

252

在穷人家庭，所谓的“简单家具”流行于整个中世纪。它们的构建是最简单的，椅凳面或桌面由厚木板做成，用削去边角的或圆或方的三四条腿支撑。腿顶穿过板面由楔木固定住（图 223—224），靠背也同样垂直揳入下方板面和上方顶横条，椅、凳和桌子的腿总是张开以加强支持力和稳定性。这种家具纯粹是功能性的，因此形式长期不变，生产遍及欧洲，由于当地材料及品位的不同，而呈现不同的形式。伟大的政治经济学家亚当·斯密（Adam Smith，1723—1790）在他的著



图 223　简单家具的实例。
凳子可能是 18 世纪的，但以传统方法做成。

作中，提到了这种家具的生产者："乡村木匠与各式各样的木制品打交道，乡间铁匠与各式各样的铁制品打交道。前者不仅是木匠，而且是细木匠、衣橱匠，甚或是刻木匠、车轮匠、犁匠、车匠及马车制造匠。"[7] 对于北欧的简单家具来说，用得最多的是榉木、槐木、棕榈及橡木。

做简单家具腿的主要工具是刮刀（图 225E）。莫克森写道，它"很少用来建造房屋，但用来做一些家用品，例如矮凳腿、梯子的横档、放奶酪或腊肉的木板等等。使用到刀时，他们将工件一端抵在胸口，另一端抵住他们的作凳，或抵住某凹角，以防物品滑落，用胸部轻压物品，抵紧作凳，以保持物品不动。接着，他们双手握住刮刀柄，将刀片压入工件，刮开与工件长度几乎一样的木屑。这样，很快就能使物体平滑"[8]。

253

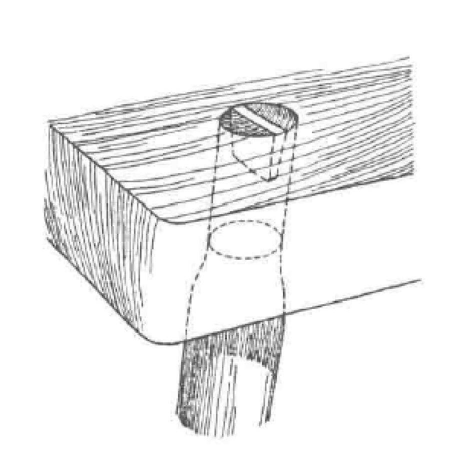
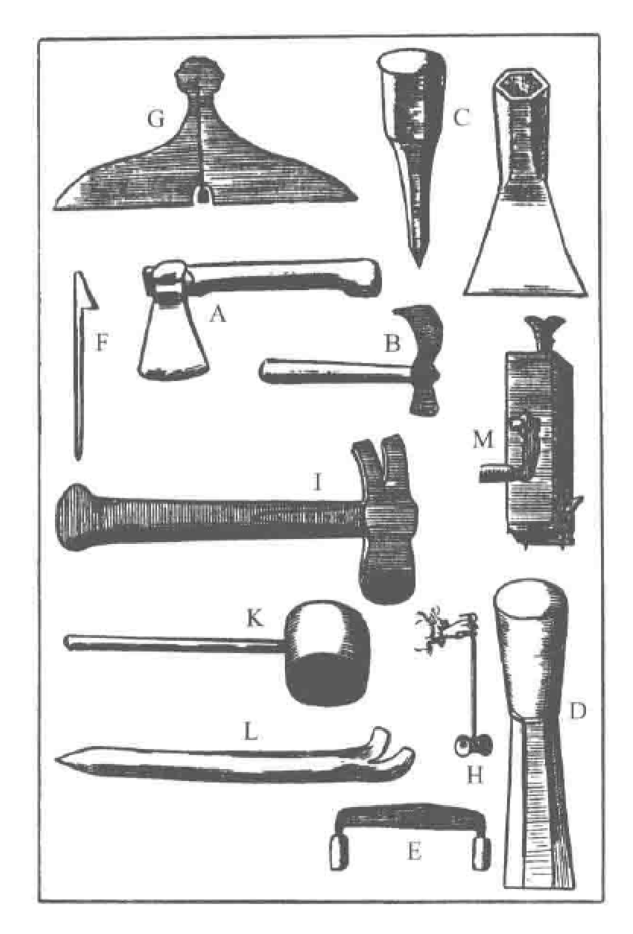
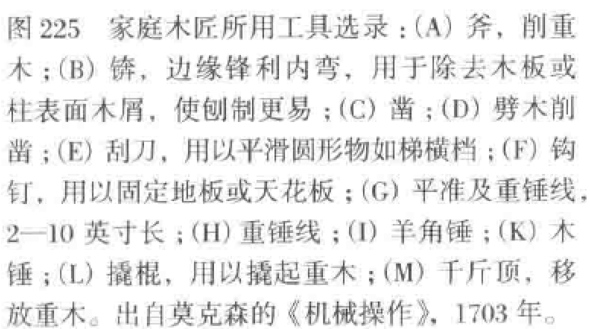


图 224　简单家具的结构细部。

简单家具中的箱子自然也使用了最简单的结构，它由 6 块板搭成，一边一块，包括顶板和底板。前、后及底板之间用钉子固定，前板饰有朴素的装饰或线刻，这种刻法后来叫作农民技艺。线刻不是雕刻




图 225　家庭木匠所用工具选录：(A) 斧，削重木；(B) 锛，边缘锋利内弯，用于除去木板或柱表面木屑，使刨制更易；(C) 凿；(D) 劈木削凿；(E) 刮刀，用以平滑圆形物如梯横档；(F) 钩钉，用以固定地板或天花板；(G) 平准及重锤线，2—10 英寸长；(H) 重锤线；(I) 羊角锤；(K) 木锤；(L) 撬棍，用以撬起重木；(M) 千斤顶，移放重木。出自莫克森的《机械操作》，1703 年。

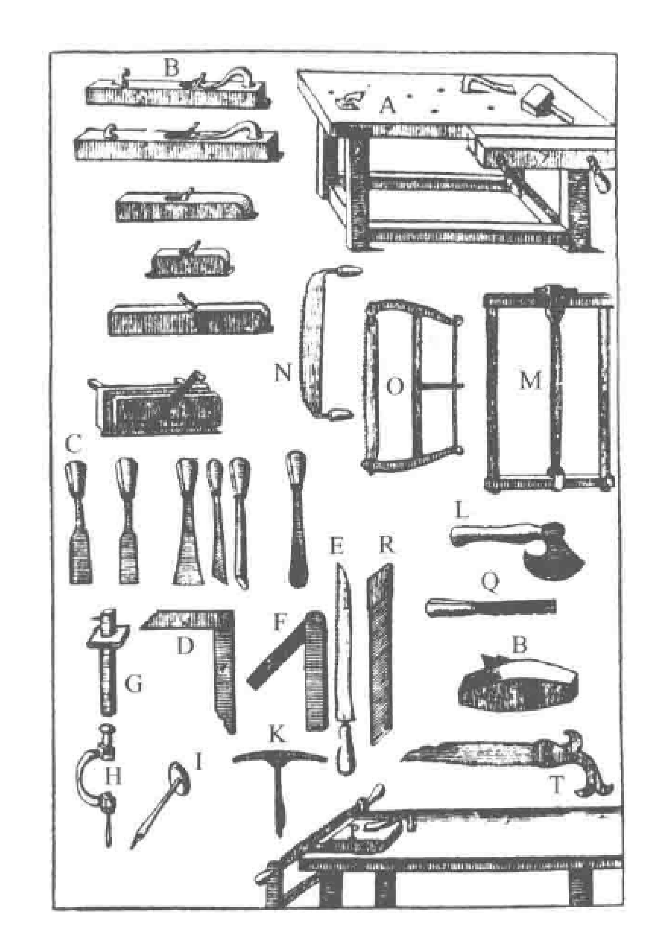


图 226　细木匠的工具选录：(A) 工作台；(B) 各种刨；(C) 各种凿；(D) 直角短尺；(F) 具有可动臂的角规，用于测量各种角；(G) 标记平行线的划线器；(H) 钻洞曲柄钻；(I) 钻各种尺寸的手钻；(K) 钻大圆孔之钻；(L) 短柄小斧；(E，M，N，O，Q，T) 各种锯；(P) 磨石；(R) 尺。出自莫克森的《机械操作》，1703 年。

匠干的，而是由制箱匠自行完成。许多这种类型的英格兰榆木箱和橡木箱，从伊丽莎白一世时期及下一个世纪留存到了现在。

7.11　编织工艺

在中世纪，普通人的家里能见到编织或编结的椅和摇篮，它们像是职业编篮人的杰作，技术是编织柳树的嫩条。英格兰兄弟会的纹章上，印有一只编织摇篮和编织篮。床、垫、花瓶、鸟笼、蜂箱、龙虾盒和篮子，都是编织工艺的一部分，它在全欧洲都很流行。1685 年

南特敕令废除之后，许多来到英格兰的胡格诺派难民都有这种手艺。

编织椅的框架完全被编织品所覆盖，像一条裙子一样拖在地上。为了舒服起见，编织椅的靠背做成圆的，很容易在编织柳条时做到。我们从记录中得知，这种椅子也是为孩子准备的。

254

靠背有时向上延伸得更长，形成一个编织罩（图 227）。霍姆斯（Randle Holmes，1627—1699）的预言性作品《纹章大全》（*Academy of Armory*，1688 年）包含大量这类信息，描述了各种有罩椅子。“其中有一种椅子叫枝条椅，因为它们由柳条编成，并带有细枝，在椅子头部有圆形盖，就像顶篷。这种椅子主要用于病弱者、双胞胎晚期孕妇的坐床，一般叫作呻吟床椅或童床椅。”[9]

7.12 箱廪匠和桶匠

箱廪是粮食或谷物的存放处，在英国南部被称为贮槽或料仓，其顶盖由三块交叠的木板用木棒铰接而成（图 228）。箱廪匠使用楔榫或嵌的构建方式，而不用细木工雌雄榫拼合的方式，这样就做出了具有个人风格的中世纪家具。它的材料是劈削而成的板（边码 244），就是

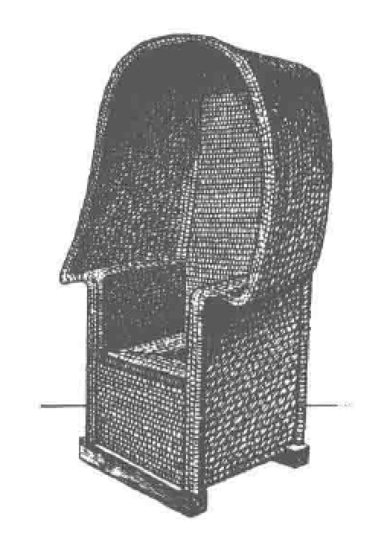


图 227 18 世纪编织椅实例。此属于詹纳博士（Dr Edward Jenner，1749—1823）。

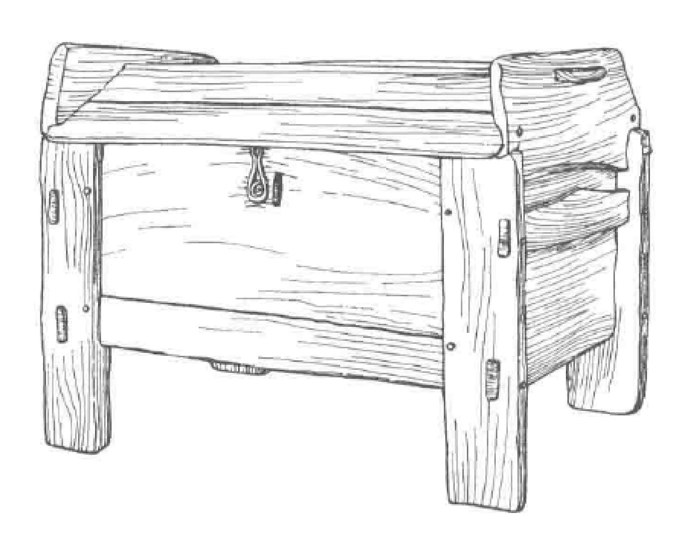


图 228 用劈开的木头制得的中世纪米箱。带有木钉式接合，顶盖装有铰链。

细木匠和壁板匠们用来嵌板的那一种。

楔形接合不独为箱廪匠所掌握，因为细木匠们也用它把中央横档和长桌的两个支架固定住，横档的末端穿过各自的支架（图229）。哥特时代晚期的带这种楔形接合的椅、凳和摇篮，有的存留到现在。

中世纪的文献绘出了一种和酒桶结构相同的椅子（图232）。它的外形为圆形，有很高的背，可能由桶匠制作，桶匠也做浴盆和水桶（图230，图版3B）。

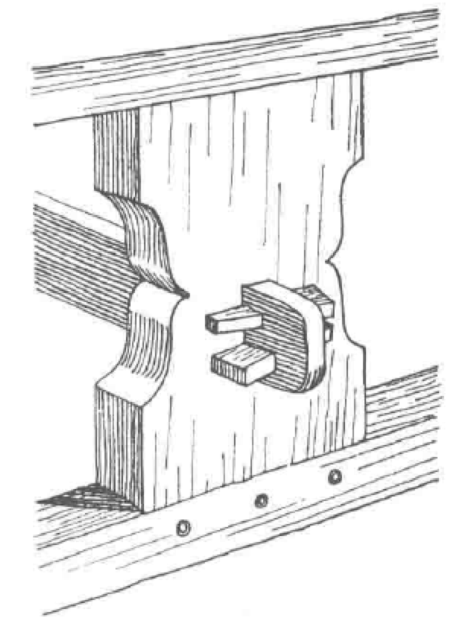


图229　用来将中央横档与支架结合固定的楔形销子。出自16世纪低地国家的一张桌子（见图版14A）。

255

7.13　皮箱匠

皮箱匠是中世纪时另一种重要的匠人，因为他能做皮囊、皮篷、标准行李箱和皮箱，所有这些在交通和旅行时都很重要。皮囊是一个能拴在马上的巨大皮袋，皮篷是一块保护通过驳船或马车运送的货物

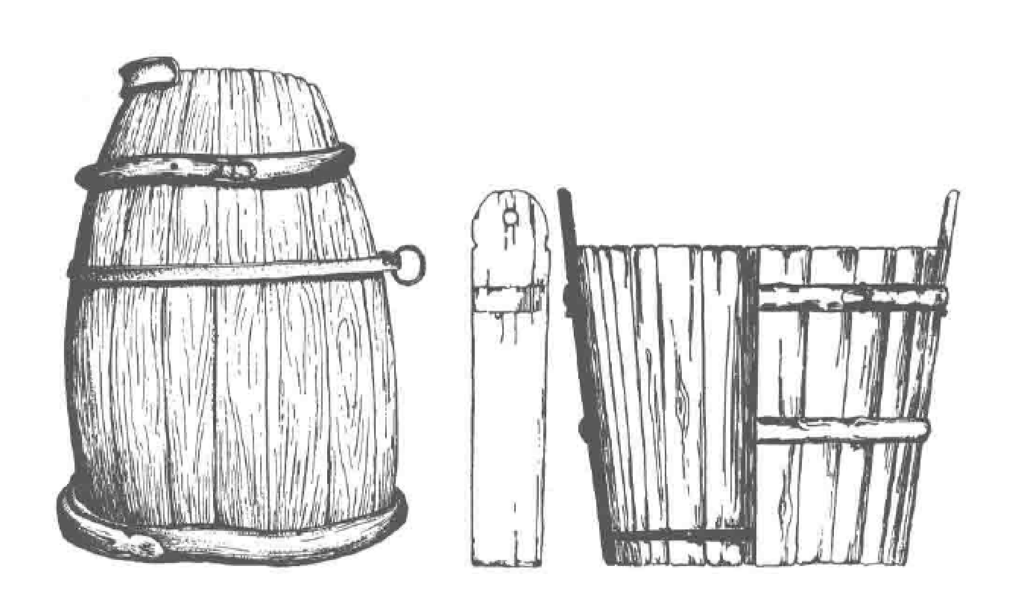


图230（左）搅奶桶，出自爱尔兰，10世纪；（右）出自爱尔兰的狭板桶。

的牛皮罩，行李箱是一种在中世纪常用的巨大的旅行箱子。行李箱为木制，蒙上皮以防漏水，并被打上铁箍，以保护它们在运输中免受震动和颠簸之害，而且更不易被打开。皮箱又小又轻，主要用于装衣物，在中世纪时的作用和行李箱相同。这里说到的皮革部分，在其他章节另有论及(边码183)。在做皮箱时，皮箱匠把伸展开的皮革覆在木架上，然后用黄铜头钉沿着皮的边缘紧密地钉在木架上以固定皮革，箱角是固定的保护铁件或黄铜铸件。皮箱匠更进一步地做出了有盖便桶这种重要的家用器物，它呈箱形，带盖板，较为实用的制品覆有皮革，并配有钉子。更昂贵的制品则覆有天鹅绒和其他高价织物，并配有彩带和饰边。16世纪的英格兰皮箱匠也做皮箱、桌子、古钢琴和珠宝箱，珠宝箱完全覆有高贵织物并配有钉子。

256

如果皮箱匠没有做出一种X形的特殊的椅子(图231)，那么这种技术在总体上就对中世纪的家具不会有太大影响。从中世纪的许多文献中，我们可以发现国王或教会首领们坐过的这种椅子(图347)。整个椅架完全被富丽堂皇的材料所覆盖，不露半点木迹。椅座上放有一块大坐垫，椅背的垂直部分和扶手的末端饰有球饰。此外，皮箱匠也把铁匠提供的铁架箍在椅上。

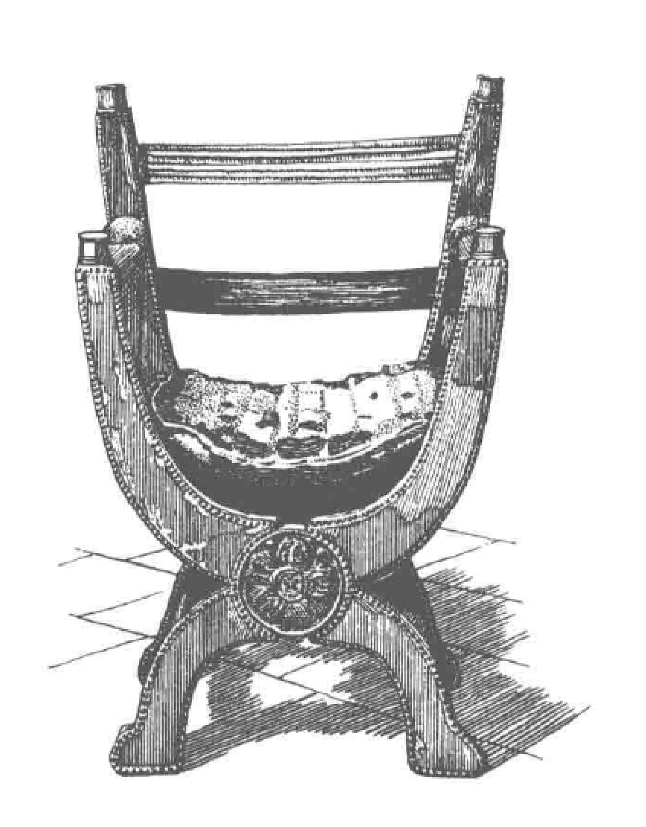


图231　温切斯特大教堂中皮箱匠制作的X形椅。据说曾用于西班牙的腓力(Philip)与都铎(Mary Tudor)的婚礼，椅背和椅座原先盖有蓝丝绒的宽展皮革，椅框架整个也盖有丝绒，保护边由镀钉装饰。

做成X形的最初理由可以追溯到古埃及(边码221)，为的是让椅子可以折叠。这种设计沿袭了下来，但椅座一直是用宽展的皮革做的，皮革上点缀着装饰

性材料，例如织金或丝绒。由于宽展皮革是功能性材料，X 形椅就在皮箱匠的业务范围之内，因为他们同时也是皮革匠。直到 17 世纪初，X 形椅一直在英格兰生产和使用。伊丽莎白时期的这种椅子的实物，上覆织金和天鹅绒，仍然保存在肯特郡诺尔的大楼里。



图 232　桶形椅。
桶条由箍箍住，表示正月的佛兰芒图画。来自一本日历，约 1500 年。

257

相关文献

[1] Tredgold, T. 'Elementary Principles of Carpentry', p. 1. Printed for J. Taylor by Bartlett, Oxford. 1820.

[2] Moxon, Joseph. 'Mechanick Exercises' (3rd ed., to which is adde. "Mechanick Dyalling"), p. 122, Daniel Midwinter and Thomas Leigh, London. 1703.

[3] *Idem. Ibid.*, p. 63.

[4] Stow, John. 'The Survey of London', p. 636. Printed by Elizabeth Purslow, London. 1633.

[5] Harrison, William. "An Historicall Description of the Iland of Britain." , II, xxii, in R. Holinshed (Ed.). 'Chronicles of England, Scotland and Ireland', Vol. 1, p. 357. Printed by Richard Taylor, London. 1807.

[6] Jupp, E. B. 'An Historicall Account of the Worshipfull Company of Carpenters of the City of London' (2nd ed. with suppl. by W. W. Pocock), p. 297. Pickering and Chatto, London. 1887.

[7] Smith, Adam. 'An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations' (ed. with introduction, notes, marginal summary and enl. index by E. Cannan. 6th ed.), Vol. 1, p. 19. Methuen, London. 1950.

[8] Moxon, Joseph. See ref. [2], p. 122.

[9] Holme, Randle. 'The Academy of Armory or a Storehouse of Armory and Blazon', Vol. 2 (ed. by I. H. Jeayes), p. 14. Roxburghe Club, London. 1905.

参考书目

Bobart, H. H. 'Records of the Basker-makers' Company.' Dunn, Collin, London. 1911.

Cooper, W. D. (Ed.). 'Lists of Foreign Protestants and Aliens Resident in England 1619–1688.' Camden Society Publ. 82, London. 1862.

Falke, O. von and Schmitz, H. (Eds). 'Deutsche Möbel vom Mittelalter bis zum Anfang des neunzehnten Jahrhunderts', Vol. 1: 'Deutsche Möbel des Mittelalters und der Renaissance.' Hoffmann, Stuttgart, 1924.

Feulner, A. 'Kunstgeschichte des Möbels seit dem Altertum.' Propyläe." Verlag, Berlin. 1927.

258

Furnivall, F. J. (Ed.). 'Harrison' s Description of England in Shakespeare' s Youth.' New Shakespeare Society, London. 1877.

Holme, Randle. 'The Academy of Armory or a Storehouse of Armory and Blazon.' Printed for the Author, Chester. 1688. Vol. 2 (ed. by I. H. Jeayes). Roxburghe Club, London. 1905.

Innocent, C. F. 'The Development of English Building Construction.' University Press, Cambridge. 1916.

Jupp, E. B. 'An Historicall Account of the Worshipfull Company of Carpenters of the City of London' (2nd ed. with suppl. by W. W. Pocock). Pickering and Chatto, London. 1887.

Moxon, Joseph. 'Mechanick Exercises' (3rd ed., to which is adde. "Mechanick Dyallin."). Daniel Midwinter and Thomas Leigh, London. 1703.

Stow, John. 'The Survey of London.' Printed by Elizabeth Purslow, London. 1633.

Tredgold, T. 'Elementary Principles of Carpentry.' Printed for J. Taylor by Bartlett, Oxford. 1820.

Idem. Ibid. Appendix to 2nd ed. with additions by S. Smirke, J. Shaw, J. Glynn *et al.* Weale, London. 1840.

Warburg and Courtauld Institutes (Eds). 'England and the Mediterranean Tradition. Studies in Art History and Literature' by various authors. Oxford University Press, London. 1945.

第8章 陶 瓷

第1篇 从约公元前700年到罗马帝国崩溃

吉塞拉·M. A. 里克特
(GISELA M. A. RICHTER)

8.1 希腊的陶器(约公元前700—前300)

259

我们在前面讨论过制造陶器所用陶土的配制、陶器的轮制、手制和模制技术以及古代窑炉的结构等问题(第I卷,第9章和第15章),现在关注的是古希腊和古罗马在陶瓷方面所取得的成就。为方便起见,这里所指的陶瓷不仅仅是陶器,还包括除砖瓦等建筑材料外所有用陶土烧烤且模制成形的手工制品。英语中的“陶瓷”(ceramic)是19世纪从希腊语 *kerameikos*(雅典制陶匠的住所)借鉴过来的,名词 *kerameia* 是陶器行业的通称。

公元前7世纪是古希腊世界全面觉醒的时期。经过前面几个世纪的巨变和遍及整个地中海地区的希腊殖民地的建立,一个崭新的希腊正在形成。这种朝气蓬勃的时代精神,也反映在陶瓷制作中。许多不同的制陶中心生产出独具特色的陶器制品,其中以小亚细亚、罗得岛、希俄斯、塞浦路斯以及希腊本土城市斯巴达、科林斯和雅典最为著名。尽管各地生产的陶器在造型和装饰风格方面不尽相同,但制陶技术在本质上完全相同。陶器所用的陶土都经过精挑细选,在烧制后将器表打磨抛光或刺戳纹饰。除了那些以头像和动物的形状作模的陶器外,还必须在陶轮上成形,而且所有的陶器都涂有棕黑色的釉,偶尔使用红彩和白彩作为装饰(图233—234)。



260

图 233　轮制的科林斯陶罐。公元前 7 世纪。

考古学家通常将公元前 7 世纪的希腊艺术称为东方影响时期，这是因为先前在装饰上流行的几何图案逐渐被动植物纹样所替代，这种装饰风格明显来自小亚细亚、埃及和美索不达米亚地区。然而，制陶技术和器型则直接继承早期希腊传统，生产出的各种陶器除了满足本地市场外，还大量出口，特别是出口到西方。一开始，这一贸易被科林斯所垄断，它位于伊苏姆斯地峡，优越的地理位置使它成为连接东西方贸易的纽带。随后，雅典逐渐成为地中海地区最重要的陶瓷业中心，并把这一地位一直维持到公元前 400 年前后，这时其他国家也开始制造自己的陶器，不过大部分是对雅典陶器的模仿。在技术和艺术方面，公元前 6 世纪和前 5 世纪的雅典陶瓶都代表着希腊制陶业的最高水平。因此，我们也以它为中心进行技术分析。

有关雅典制陶技术的信息来自古代作家的叙述、铭文、描绘陶匠工作的古代图画，当然最重要的途径是陶器本身。现代工艺的实践通常也很有帮助，因为陶土不会改变它自身的特性。

261

与技术方面的通常情况一样，古代作家对当时的制陶业只有很笼统的描述，主要是对陶土特性、陶轮发明、烧制危险性和陶匠地位进行常规评论。在铭文中，最为重要的是陶匠的签名（图版 18B）和陶器绘画者的签名，为我们提供了一些艺术家的姓名，附带



图 234　模制陶瓶。
出土于希腊东部，公元前 7 世纪。



图 235 雅典人制陶画面。
绘于一只提水陶罐上，公元前 6 世纪。

流露出签名者对自己手艺和公众好评的扬扬自得。在陶瓶和无釉红陶版上描绘的陶匠工作场面，也提供给我们很有价值的信息。这些图画描绘了陶匠在陶轮上将陶瓶提拉成形，以及表面打磨、粘连器物手柄、修饰陶器、搬运陶器和在窑内烧制陶器等场景（图 235—237，图版 16A—16C、图版 17A）。此外，考古发掘中出土了一些陶轮（图 238）、制陶工具和窑炉的实物，进一步证实了这些图画的真实性。



图 236 正在为陶杯绘彩的青年。
取自一只希腊陶杯，公元前 5 世纪。

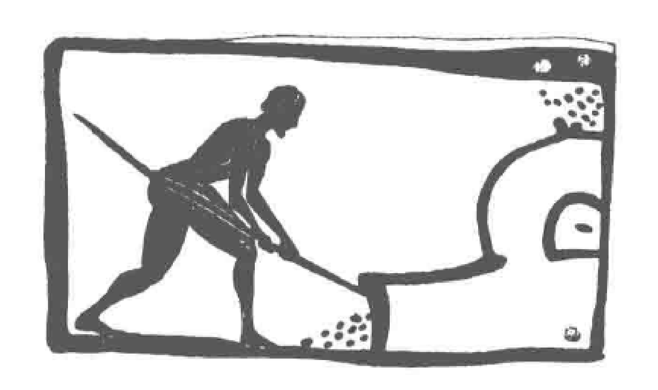


图 237 陶工正在给窑火加燃料。
取自一块供奉碑，公元前 6 世纪。

我们可以从陶瓶本身了解到陶土和所用彩料的特性，同时了解到制作方法的片断和陶器的烧制温度。在某种程度上，这项工作与现代工艺有一些相同之处，当然也有不同的地方，最明显的是古代陶器表面通常使用一种有光泽的黑“釉”，这种“釉”层使早期的陶器看起来有温润的光泽。雅典黑“釉”的特性直到后来才被我们了解，这一发现有助于掌握这一古代制陶工艺[1]。下面，我们将根据目前掌握的资料，对雅典陶瓶的生产过程进行简要介绍。

262

雅典陶器用一种沉积黏土或碎岩黏土制成，这种土在地球表面运动时形成了不同的矿物成分，主要由岩石分解后形成的细小颗粒组成。由于这种土质含铁量高，在氧化态时会烧成泛红色。雅典陶器的代表器形广口杯和折肩罐，证明了这种陶土可塑性强、坚固耐用。白色的沉积陶土（这种陶土留在原始的矿囊中）没有可塑性，因此雅典人不用它来制作器物，仅仅作为陶衣或泥釉涂抹在那些白底陶瓶的表面（边码 265）。不过，这种陶土也可能被作为一种原料掺入红色陶土中，就像今天雅典陶工使用的方式一样。

陶土经过淘洗捶打后，将泥团放在陶轮中心位置，然后通过陶轮制成想要的形状。小的陶瓶可以一次提拉成形，大的陶瓶则采用分段成形的方式。每段的接缝处往往是在器物的结构点，例如颈部与器身或器身与器足之间。在器物内壁通常可以看到这些接点，器物外壁则往往敷上一层薄薄的陶土把它们掩盖住。尤其是在分段制作时，工匠们必须借助尺规等测量工具精心计算各部分的比例，这样制作出的陶瓶才能完全符合设计要求。

希腊陶瓶上绘制的陶轮的转动并不是通过脚踩，而是靠另外一个人推动。不过，公元前 3—前 2 世纪一位《圣经》的作者却提到了脚踏式陶轮（真伪难辨的《德训篇》第 38 章第 29—30 节），它完全可能在此前就已经被使用，因为制造原理非常简单。保存下来的这一时期的陶轮都是红陶制品（图 238），今天使用的陶轮材料则更多的是熟

263

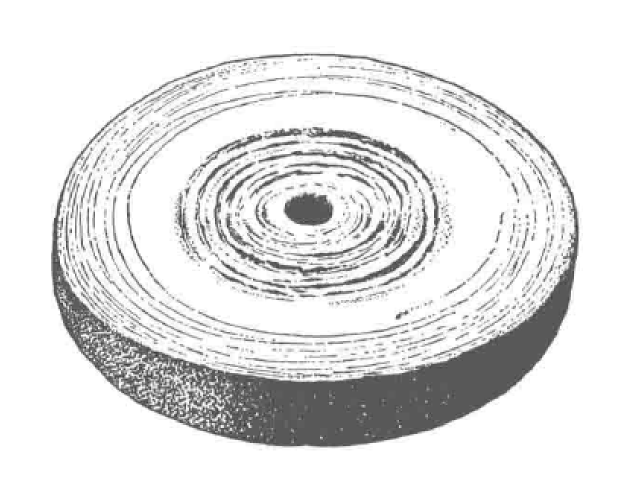


图 238　无釉红陶陶轮盘的下面。
出土于克里特岛。米诺斯时期。



图 239　陶瓶原坯的器底。
上面有细绳切割的痕迹。米诺斯时期。



石膏、金属和木材。

陶坯成形后，用刀或线将它从轮上取下（图 239），晾至半干，然后重新放到陶轮台面的中心位置上旋转，再用金属切割工具修整（图 240）。窄口器皿内壁不修整，而是保持厚坯，大口瓶和杯的内壁则显示出它们整个都被仔细地修整过了。在修整痕迹后可能像现在这样使用刮刀和湿海绵来清除，开始粘连手柄，它们都用手工单独制作，而非模制。

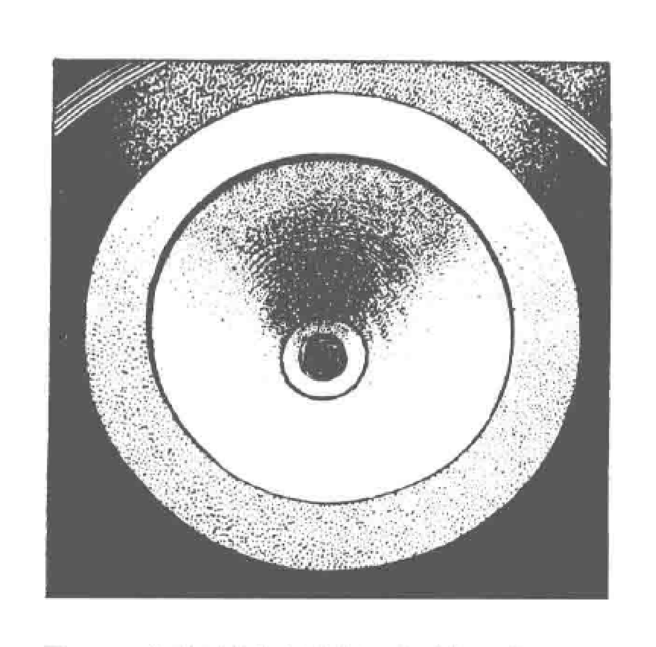


图 240　修整过的陶杯底部。公元前 6 世纪。

这一时期的标准器物相对较少，最流行的器型有作为贮藏器皿的双耳细颈陶罐、给酒兑水的大罐、三耳水罐和细颈油壶，以及药膏罐、广口杯和精美的梳妆盒。不过，每件器皿都是一件独立的艺术品，在线条和比例上与其他同类器皿有着细微差别。只有在那些寻常的黑瓶和普通的家用器皿中，才能找到几乎完全相同的重复。

装饰在未烧成时进行，此时陶坯将干未干。在这项操作中，希腊人与我们今天的工艺有根本的区别。现在一般是将釉施于烧过的陶坯

（素坯）上，然后再次回炉烧制，希腊陶器（除了后面提及的少数几个例子外）则一般只烧一次。这方面的证据非常令人信服。在烧过的陶土上，刻画的线条不会有那种特有的流畅圆滑，装饰细节用的陶土也不可能很好地黏附在烧过的陶坯上。由于陶土的黏性，在未烧的陶坯上装饰的风险非常小。

在希腊陶器里，用于装饰的黑色并不是现代意义上的釉，含有的碱不足以在特定的温度下熔融。它相当于一种胶状溶液的含铁陶土，与用于陶器本身的陶土很相似，但除去了大的颗粒并添加足够的碱，相当光亮[1]。生成的“釉”特别平滑也特别薄，不过足以使简单的线条呈现出浮雕效果。

264

265

有了这种材料，雅典的艺术家在陶瓶上所做的装饰有了无与伦比的品质。出于讲故事的本能，他们设计的图案不仅有前辈使用的植物图案和动物纹饰带，还展现了神话和日常生活方面的场景。由于同时代创作的壁画和版画作品未能保存下来，这些陶瓶画就成为非常珍贵的遗产。

这里简述一下陶瓶绘画工艺过程。首先，在器皿表面覆盖一层薄薄的保护剂，这是一种稀释的胶状陶土，烧成后呈现一种有光泽的淡淡的红色。在早期的黑彩陶瓶上，图案用黑彩绘制，与陶土的红色背景相辉映，然后雕刻出图案的细节，最后添加红彩和白彩装饰（图版18A、18B）。后来出现的红彩陶瓶与黑彩风格相反，图案“仍然”为红色而不是黑色（图版18C），在瓶上用硬工具刻画的最初的草图通常清晰可见（图241）。操作者用细线绘出人物的轮廓，再用粗线条勾勒（图242），接着用红彩绘出人物轮廓内的细节，背景则涂成黑色，最后根据需要，或添加红白装饰彩，或雕刻出线条，或在特定部位涂上泥料。有时，陶土中会掺入一种红赭色的颜料来增强它的颜色。

在生产黑彩陶器和红彩陶器的同时，雅典陶匠也生产素面黑陶器。除了在口沿、手柄和足部等少数地方外，这种陶器表面全部彩绘为黑



图 241 赫菲斯托斯（Hephaistos）回归奥林匹斯山，出自一个雅典的双耳喷口罐。（上）草图；（下）完成的画面。公元前 5 世纪。

色。在公元前 5 世纪下半叶及公元前 4 世纪，流行在黑陶上雕刻和戳印纹饰。此外，从公元前 6 世纪起，一直在有限地生产一种所谓的白底陶器，即在陶瓶表面的中间部位敷上一层白色的陶土泥料[2]，上面用黑彩绘出图案，细节部分则用雕刻法，也可以用稀释的釉或无光泽的颜料绘出图案轮廓（图版 17 B）。最初整个装饰使用黑彩，随着时间的推移，开始使用红色和黄色的蛋彩画颜料绘制图画中人物的衣饰



图 242　未完成的红彩陶杯。公元前 5 世纪。

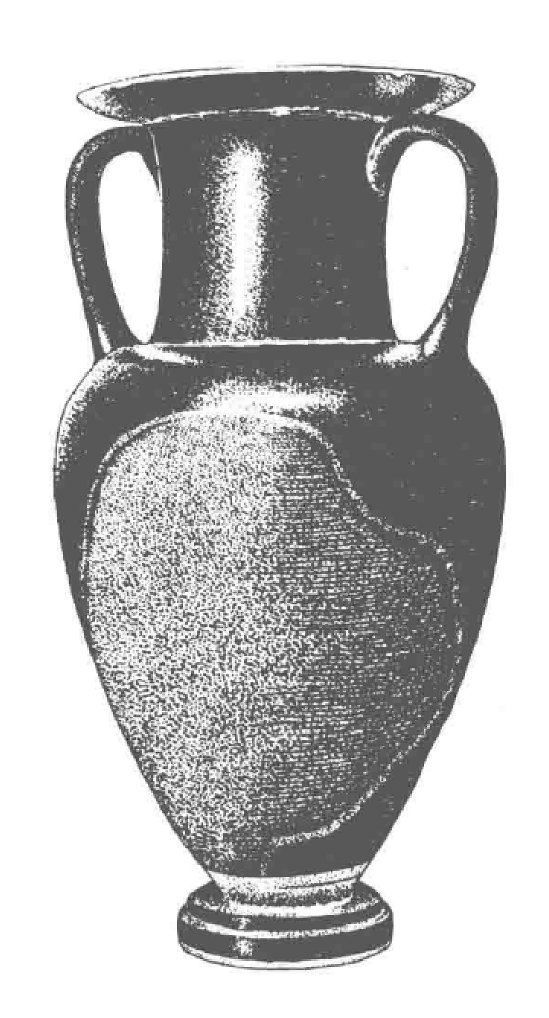


图 243　带有大红斑的黑色双耳陶瓶。公元前 5 世纪。

和其他地方，后来使用的颜色更多，包括蓝、紫、绿、紫红、粉红等色。事实上，这些陶瓶作品可以看作是那些我们已经无法见到的大型版画和壁画的缩影。

陶瓶装饰完成后等待风干，然后放进窑炉烧制。雅典陶瓶的烧制温度要远低于现在通常的温度，估计为 900—960℃。

烧制过程也不同于今天普遍采用的方式，而是先氧化（即允许空气自由进入），然后再还原（限制空气流入），最后再次氧化。在还原焰下变成黑色的陶土和釉，在最后阶段再次变成红色（因为陶坯上有足够多的气孔可以重新接纳氧），较浓稠的釉则仍然为黑色[3]。在希望变黑的地方经常会出现红色的斑点（图 243），这可能有两种原因：(a) 在窑中，或者由于堆叠在一起，或者由于与气流接触，还原会偶尔被阻断。(b) 所涂的釉层太薄，存在许多气孔，会在烧制的第三阶段重新吸收氧气。保护剂和红赭涂层以及红色装饰彩（混有胶状陶土的红赭石），像红陶胎一样有

足够的气孔重新吸收氧，白色装饰彩（胶状白色陶土）则本身并不含铁[2]，因此还原焰对它没有影响[4]。

最后我们将解释一个老问题：在某些陶瓶上各自特定的部位，红色和黑色两种釉如何形成鲜明对照？显然，这种装饰是有意制成而非偶然形成（图 244）。那些有意变红的区域在烧制第二阶段被阻断还原，即使它们被涂上了厚厚的釉层，这种情况可以简单地用二次烧制来解

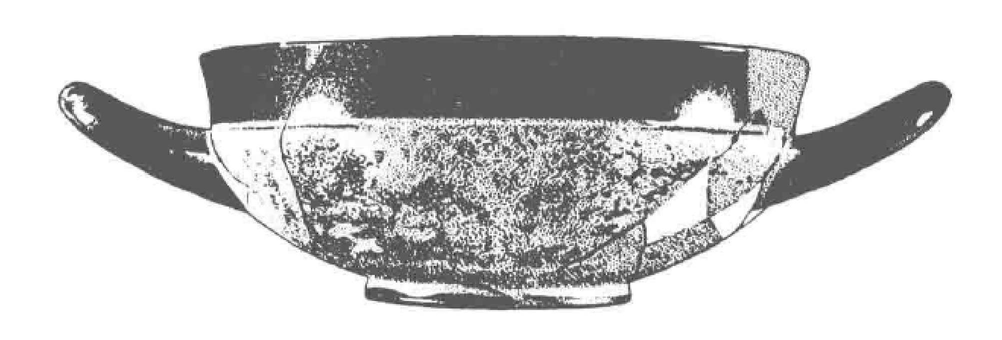


图 244 红陶碗，口沿、双耳和底部为黑色。公元前 5 世纪。

释[5]。首先，只在那些有意变黑的区域上釉，按常规方式烧制，先氧化后还原。然后，烧制过程中断，在那些有意变红的区域再涂上釉，置于氧化焰中烧烤。这一解释的正确性来源于一系列事实，在所有看到的红黑彩陶瓶上，红釉在和黑釉接触时总能盖住黑釉，这表明红釉比黑釉更晚涂上去[6]。此外，红釉与黑釉相比更易脱落，这也说明它在陶土烧制后才被涂上。这种工艺的烦琐复杂程度，也解释了红黑彩陶器相对少见的原因。

267

要获得雅典陶器的完整印象，还有两种技术必须提到。虽然轮制法很受欢迎，但在生产人的头像和动物等造型的陶器和成组的陶器时，更多采用的还是模制法（图版 18C）。模子为无釉红陶，分两部分。陶土填入每个部分后，两半模子用泥料连接在一起，器口通常单独制成。在某些场合，有几个来自同一模子的原型被保存下来。古代的泥条盘筑法（第 I 卷，边码 384）有时用来制作贮藏和烹饪用的家用壶和大罐，在雅典市场上可以找到许多这类陶器[7]。偶尔，器皿上也装饰

一些简单的刻划纹和绘制条带。

雅典在伯罗奔尼撒战争（公元前431—前404）战败后，贸易地位也逐渐削弱，尽管继续生产精美的红彩陶器并出口各地，但它已经失去主导地位。早在公元前5世纪下半叶，意大利开始生产自己的陶器，制陶业到公元前4世纪进入繁荣时期。卢卡尼亚、阿普利亚、坎帕尼亚和帕埃斯图姆生产的陶器，虽然在风格方面与雅典陶器有明显差别，但在制陶技术方面完全相同。陶器都是通过陶轮旋转提拉成形，图案用红彩并饰有装饰红彩和白彩，器型也与雅典相同。这种风格与本土的梅萨比和其他意大利南方地区的陶器迥然不同，后者一直沿用形状上略显笨拙和怪诞的几何图案装饰传统。

268

8.2 希腊化时期的希腊陶器（约公元前300—前100）

在公元前3—前2世纪的希腊化时期，希腊陶器在装饰方面发生了变化。浮雕技法逐渐取代了绘画，后者仅用于少部分的陶器上，例如素面黑陶瓶、所谓的“西坡”陶器和格纳西亚陶罐（图245、图246），这样命名是因为它们分别大量出土于雅典卫城的西坡和意大利南部的格纳西亚地区。格纳西亚陶罐用各种颜色在黑底上作画，偶尔也饰有戳印纹和刻划纹。雅典的白底陶制作技术和用蛋彩画颜料在白底上作画的装饰技术，仍然继续在东西方使用。在亚历山大城附近的哈达拉发现的陶瓶，以及在阿普利亚的卡诺萨地区和西西里岛的琴图里佩地区出土的一批装饰华丽的陶器，都使用这种技术（图247）。不过，在其他地区则流行浮雕装饰。



图245　西坡陶器。公元前3世纪。

公元前4世纪末，阿提卡地区曾经短暂流行过用料浆或贴花制成浮雕效果和用蛋彩画颜料绘画的陶瓶装饰技法。但是，希腊化时期的浮雕装饰法的主要灵感，想必是从装饰浮雕花纹的金属器上获得的。在某些情况下，像卡莱斯碗（因它的主要发现地阿普利亚的卡莱斯而得名）那样，我们可以断定制碗的模子是照搬早期希腊金属器皿制成的[8]。在其他方面，新图案不断被创造，通常是不同风格的混合物。浮雕花纹可以用模子直接在器皿上形成，也可以单独制成后再粘到轮制的陶器上。后一种制作方法被公元前2—前1世纪所谓的帕加马陶器所采用，前者则被用于公元前3世纪所谓的迈加拉陶碗上。这些器物以它们首先被发现的地区名来命名。帕加马在小亚细亚，迈加拉则位于希腊本土。不过，后来在许多其他地方也发现了这些



图246　格纳西亚陶罐。公元前3世纪。

图247　琴图里佩地区的陶瓶。公元前3世纪。



图248　迈加拉陶碗。公元前3世纪。



图 249 茵珀斯托陶器，出土于博洛尼亚附近的双柄杯。公元前 8 世纪至前 7 世纪。

器皿。

迈加拉陶碗的制作工艺非常有趣（图 248）。它们不是像制作造型陶器那样被填入或灌注到模子里，而是与今天制造大浅盘和碟子的方法相似，采用轮制和模制相结合的方法。首先在陶轮上制一个带厚壁的碗形模子，当模子半干时，用红陶质地的花纹印模在模子内壁拍打，形成连续的花纹。烧制后的模子牢牢地固定在一个辘轳，即一个带有旋转头的陶轮上，模子里的陶土则快速旋转。当陶碗造型完成后，用手指按压模子上的花纹形成的凹陷部位，就会在碗的外壁上形成浮雕图案。当再次旋转陶碗时，陶碗内壁按压形成的凹陷就会被陶土填满磨平，这样就在碗的内壁看不到像使用类似技术的伊特鲁里亚陶器上留下的指印（边码 270）。陶碗从模子里取出后，再对花纹进一步修饰，最后在表面上釉，在还原焰下烧成黑色。

8.3 伊特鲁里亚陶器（约公元前 700—前 100）

伊特鲁里亚人到达意大利之前，当地的文化通常被称作维兰诺维文化。维兰诺维在博洛尼亚附近，这里曾发现那个时期的大量遗存。公元前 7 世纪，它继承了青铜时代湖上木排屋文明的早期意大利文化，陶器仍然保留着原始的特征。我们一般采用它的意大利名字茵珀斯托（*impasto*），来命名这一时期的陶器文化。一些陶器用手制成，但大多数陶器是用手和陶轮共同制成（图 249），先用手捏出陶瓶的大致形状，再在陶轮上完成。所用的陶土非常粗糙，内含氧化铁成分，在加热后呈黑褐色或微红色。由于还原程度的不同，陶土烧成的颜色也不尽

270

相同。器皿表面不施釉，而是用木制和石制工具打磨，以使器皿表面光亮。在烧制过程中，磨光的陶土表层产生裂纹。装饰上侧重用雕刻手法，有时用红赭石加强效果，大部分纹饰属于几何纹，偶尔也用动物纹样。到公元前7世纪上半叶后期，偶尔也生产一些华丽的陶器（图250），装饰上出现莲花和怪兽图案，明显带有东方色彩。



图250　带底座的茵珀斯托陶碗。出土于拉丁姆。公元前7世纪。

伊特鲁里亚的布奇诺陶器从茵珀斯托陶器发展而成，突出的变化是制陶技术的改善。所用陶土经过精心淘选，由于在烧制过程完全还原反应代替了不完全还原反应，陶土的颜色也从褐色变为通体黑色。较早的器皿用轮制法成形，通常器壁很薄，采用雕刻或浮雕法装饰（图251，边码271）。动植物图案当时很流行，是用带齿的棍刻划的扇形装饰[9]。浮雕大部分用于器物的手柄处，或者是趁陶土还柔软的时候用滚筒在器皿表面滚动，制成狭窄的装饰带。

公元前6世纪时的布奇诺陶器器形变得厚重，装饰上更多地用浮雕纹饰代替雕刻纹样（图252）。同后期的迈加拉和阿瑞底姆的陶器（边码269、边码272）一样，它也是用模子在陶轮上成形，轮制的痕迹仅仅在器皿内壁可以看到。内壁上有指印形成的凹纹，这与外壁的浮雕纹饰相符[10]。因为布奇诺陶器大部分不是碗形，而是装饰有扭曲的冠饰的复杂器形，制作时便往往需要用几个模子共同完成。通常可以看出器足与器身之间、器颈与器身之间，或者器身不同部分之间的接缝，器足有拉制的也有模制的。偶然会出现没有纹饰的浮雕，那

271



图 251 伊特鲁里亚的布奇诺陶壶。轮制，饰有刻花纹饰。公元前 7 世纪。



图 252 伊特鲁里亚的布奇诺陶壶，模制。公元前 6 世纪。

么整座陶器就都是拉制而成的。如果浮雕上有纹饰，则需分别处理，特别是在浮雕局部呈圆弧形凸出在瓶口边缘上。从陶瓷艺术角度上讲，这些黑色的伊特鲁里亚大罐基本上令人满意，在色彩、造型和装饰方面比较协调。

除了这类黑陶罐，我们还发现了许多伊特鲁里亚的绘画陶器。它们在技术上模仿科林斯、爱奥尼亚和雅典的陶器（图版 18D），这并不令人惊奇，因为来自这些制陶中心的陶器大量出口到意大利。然而，这些绘画陶器风格各异，可以很容易地分辨开。伊特鲁里亚红彩陶器的纹饰不是陶土的本色，有时直接用红颜料绘出（阿提卡陶器偶尔也使用这种技术）。上述地区也生产模制的头形陶瓶或人形陶瓶，虽然在技术上模仿希腊，在风格上却屡有创新。

在公元前 3—前 2 世纪的希腊化时期，伊特鲁里亚的陶器和希腊陶器一样受到金属器的影响。器皿上的浮雕规定要单独模制后再贴在半干的器壁上，器表有时

是镀银的。除沿用早先作品模子的地区外，意大利其余地区的陶器均是希腊化时期的希腊风格。

伊特鲁里亚工匠一些古老的制陶技术，想必被他们在阿雷佐地区的后裔所继承，那里曾经是伊特鲁里亚的要塞。一些罗马时期的精美陶器，也是在那里被发现的（边码272）。

8.4 罗马共和国和罗马帝国时期的罗马陶器（约公元前100—约公元350）

272

罗马共和国后期和罗马帝国时期的艺术，实际上是希腊艺术的延续。此时，罗马人是地中海的主人，他们热衷于希腊艺术，使它在新的需求下重新焕发生机，并同时反映在陶器上。公元前1世纪制造的精美的阿瑞底姆陶器（图253），采用的是轮制和模制相结合的方法，这与我们在希腊化时期迈加拉陶碗上看到的方法相同（边码269）。他们使用印模（图254）把花纹印在轮制的模子上（图255），再用模子制成陶器。这些印模本身的花纹，似乎也往往是从希腊的金属器皿上直接模印下来，这一点至少可以从印模自身的风格和精确性上看出来。此外，在纽约和波士顿藏有两个相同的印模标本[11]。至于陶器



图253 阿瑞底姆陶碗。公元前1世纪。



图254 阿瑞底姆印模。公元前1世纪。



图 255　印有献祭场面的阿瑞底姆陶器模子。公元前 1 世纪。

的细节部分，则用木制或金属工具进行润饰（图 256）。最后，和迈加拉陶碗一样，陶器通体施釉，只是釉色不再是黑色，而是一种鲜艳的珊瑚红色。釉的化学成分和科林斯、哈尔基斯、阿提卡及意大利南部地区生产的希腊陶器上的黑釉相同，只不过这种红釉陶器是在充分氧化条件下烧成的，因此没有丝毫黑色。

273　在叫作赭色黏土陶器（*terra sigillata*）的器具上，同样的制陶工艺和装饰技术曾经一直持续了几个世纪，这种罗马陶器在整个罗马帝国到处可见（图 257）。然而，黑釉还在少量的陶器上使用，例如出土在德国、法国和英国的一些绘有欢乐字符铭文的黑釉陶器和用料浆装饰的卡斯托陶器。另一种特别的罗马陶器使用白色的泥釉，用大理石纹作装饰。最后，还有一些红色和黑色的陶罐，装饰用的浮雕是贴上去的，而不是在陶模上制成，当然还有许多陶器上没有任何装饰。和希腊时期一样，那些普通的家用陶器上通常没有釉。

从艺术角度上讲，除了阿瑞底姆陶器，罗马时期最重要的陶器是涂有青绿色的陶器制品（图 258）。虽然外形、技术甚至在装饰上都与阿瑞底姆陶器相似，但这种陶器的釉却完全不同。这是一种真正现代意义上的釉，因为它在确定的温度情况下熔化。蓝釉（碱性）和绿釉、黄釉、无色铅釉等被有效地使用。一般

274

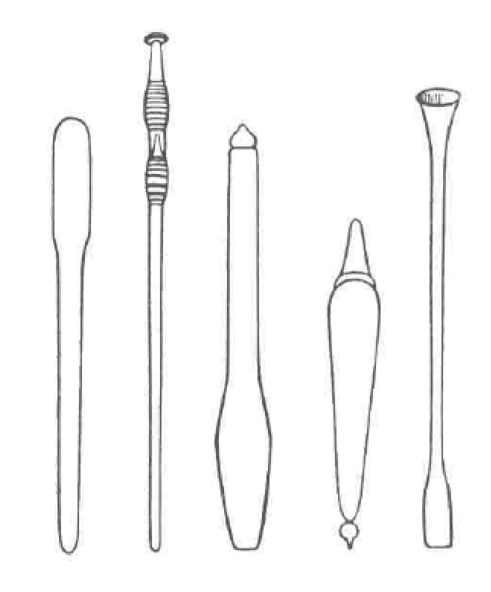


图 256　制模工具。出土于阿雷佐。罗马时期。



图 257　赭色黏土陶碗。罗马时期。

情况下，陶器内壁采用浇釉法施釉，釉层薄；器物外壁采用浸釉法施釉，釉层较厚。由于陶器烧制温度相对较低，在 960—1030℃之间，陶器表面粗糙无光泽，只有釉层较厚的地方才显得透明有光泽。与当今的制陶法雷同，这些釉陶在窑内置于支钉上，烧制后的器皿常常留有支钉的痕迹，粘有陶釉的支钉也有留传至今的（图 259）。这类陶器中最漂亮的器形是环耳杯，它来自金属器皿，在阿瑞底姆陶器中也很流行。偶尔的时候，也生产头形陶器和小雕像。陶器在罗马时期被广泛生产，虽然它们的数量并不多。毫无疑问，这类制陶技术起源于东方。在埃及，蓝色碱性釉的使用已经有很长一段的历史（第 9 章），6 世纪的爱奥尼亚也曾短暂地使用过。从那时起，陶匠们就非常喜欢使用明亮的色釉来装饰陶器。



图 258　绿釉陶杯。罗马时期。

275

8.5 雕塑和浮雕

在地中海地区，陶土除了广泛用于制陶业，还用来制作各种各样的雕刻品，既有圆雕也有浮雕。在古代遗址经常可以发现大量的无釉红陶的小雕像碎片，数量仅次于陶器的残片。在塞浦路斯、伊特鲁里亚和古希腊时期的意大利南部地区，出土了相当多红陶质地的雕像和大型浮雕，它们在那里被用作神庙内的装饰物和献祭品，这是因为在公元前1世纪卡拉拉采石场出现之前，大理石料在意大利非常稀少。即使在大理石资源丰富的小亚细亚和希腊地区，陶土也常用于制作建筑物上的壁缘、山尖饰以及许愿和膜拜用的雕像。

早期的希腊人和伊特鲁里亚人的红陶雕像（图版19A、19B和图版20A、20B）不是模制的，而是用泥条盘筑和陶土填塞的方法制成，胎层较厚[12]。为了防止陶土晾干后变形和收缩，通常在陶土内混合砂子和熟料（烧烤过的陶土的细小颗粒），从而保证陶土的孔隙度。雕像的制作顺序为从底向上，从足部开始直到头部结束，不使用支架，可能是首先将整个塑像制成一个大概的轮廓，然后在此基础上不断修饰而成。在研究一尊残破的伊特鲁里亚武士雕像时发现，雕像中心的陶土有一些地方变得非常坚硬，以致后来敷上的陶土不能很好地与之粘连。制造这种大型的雕像，必然要采用一些特别的防范措施。在躯体内部雕像的颈部两侧，可以看到从后到前建造了两道坚固的墙体，在齐颈部处制作一个圆锥形凹陷来托住带着沉重头盔的战士的头



图259　支钉。罗马时期。

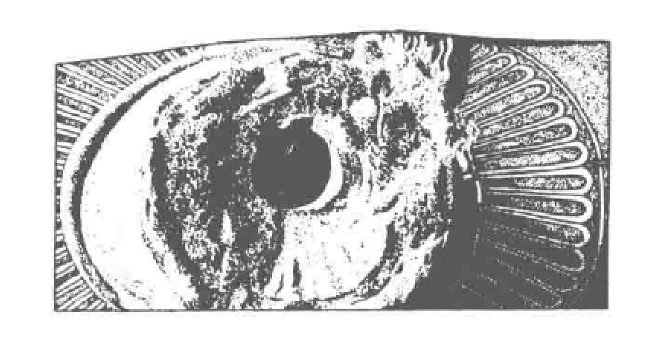


图260　伊特鲁里亚红陶武士颈部的裂面。

颁（图 260）。伸出的手臂应该是单独制成的，也许最初是用横木支撑它。此外，在头盔的顶部有一个排气孔。

模型完成后，有时会在表面敷上一层精细的陶土，这层陶衣的厚度足够遮盖原先陶土内的杂质。在半干时的陶土表面涂上一层黑“釉”，它的成分主要是一种稀释的胶状陶土（边码 263 起），在烧成时收缩形成细小的裂纹。在黑“釉”上用红赭石、液态的白色陶土和黑色的“釉”来绘制图案，这与同时期的雅典陶瓶所用的制作方法相同。

276

对于那些大型雕像，陶窑应当环绕着“生坯”建造，因为移动这些雕像是非常冒险的。目前保存在纽约的伊特鲁里亚武士雕像，烧制温度估计大约在 960℃，与希腊陶器的烧制温度相同。整体烧制是这些古代红陶雕像的一个显著特征，现在这样的雕像一般先分成几部分制作，烧制后再组装在一起。

在希腊化时期和罗马时期，红釉雕塑通常是用模子制成，而不再使用手制方法。出土于伊特鲁里亚和其他遗址中的献祭用头像和半身像（图 261），都是分前后两部分按常规制作，然后再连在一起。有时由于制作不仔细，雕像上的那些接缝很明显。后来的修饰能使相同模子制成的雕像外表各不相同，在一个模制的伊特鲁里亚青年的头像上添加胡须和皱纹，就会变成一位老人的形象[13]。

从公元前 7 世纪起，希腊人、伊特鲁里亚人和罗马人的大部分雕像使用模制法，代替了以往使用手制模型的方法，尽管后者偶尔也被使用。模子的应用使艺术家们将塑像从原来的实心变为空心，雕像的重量大大减少，也可以帮助艺术家们很快地生产大量的复制品。两种技术之间的转变



图 261　用于供奉的老人头像。公元前 1 世纪。

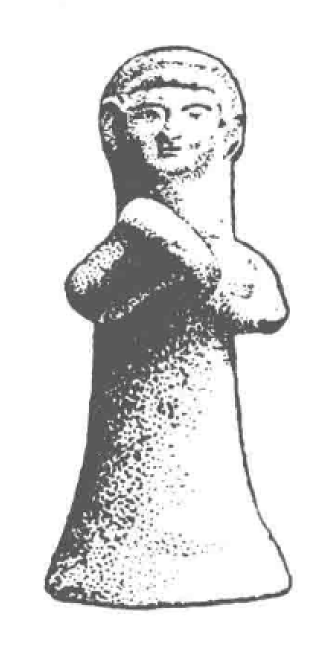


图 262　出土于塞浦路斯的红陶小雕像。

277

阶段体现在塞浦路斯地区的一些雕像上，它们外形相同，筒形的身躯是用轮制的，胳膊用手捏塑制成，头部是用模子制成。三部分组合在一起，就会成为一个完整的雕像（图 262）[14]。

古代模制小雕像的技术在某种程度上可以再现，这是因为除了小雕像本身外，许多制作雕像的模子也已经被发现。这些模子大部分是无釉红陶质地，烧制得非常坚硬。在埃及，特别是希腊化时期和罗马时期，偶尔也曾经使用石膏制成的模子。和那些大型雕像不同，制作红陶小雕像的陶土都是精心筛选的优质陶土，因此雕像背后的排气孔足以避免陶土干燥后引起的变形（图版 21A、21B）。少量陶土首先被填进模子中形成薄薄的一层，从而填实模子内所有的凹陷不平处。然后，再装入陶土填实模子，陶土干燥后产生收缩，使雕像容易地与模子分开。希腊红陶小雕像的特点是通常用若干模子制成，不仅有前模和后模之分，还有躯干不同部位、头、腿、胳膊、翅膀以及所持物件的模子。米里那出土的一尊飞翔的爱神共由 14 块模子制成[15]，但一些造型简单的雕像所用的模子数目无疑要少一些。

这些小雕塑的各个部分在模子中成形后，在半干状态时用泥料将它们粘连在一起，然后用木制或金属工具进行修饰磨光，这直接关系到小雕塑最终的精致程度。长方形或圆形的底座大部分是用手工单独制成，最后将仍处于半干状态的整座雕像涂上薄薄一层胶体状的白陶土[16]。雕像的烧成温度相当低，因此这些烧制的小雕像质地相对较松软。

烧成后，开始给雕像添加色彩。在通体白色的底子上，用各色蛋彩画颜料——蓝色、黄色、各种色度的红色、紫红色——绘制图案和

镀金加以装饰。保存至今的小雕像上的彩料大部分已经剥落，露出淡褐色的陶坯，但残存的颜色已经显示出明亮和谐的色彩搭配效果。

红陶小雕像在许多地方都有发现，以维奥蒂亚的塔纳格拉（图263）和小亚细亚的米里那地区最为著名。但在其他许多地区，像雅典、科林斯、北非、意大利和西西里岛，均有从原始时期至罗马帝国时期的大量雕像。地中海地区的多数国家都有丰富的陶土资源，可以推测这些雕像都在当地生产。有人可能会认为，通过观察雕像表面或用分析红陶的方法，应该可以很容易地判定它们各自的产地。然而，这种方法被证明是几乎不可能的。同制作陶器时一样，制作雕像的黏土通常混合使用，陶土的颜色也受到了烧成温度的影响。例如，在那些米里那的小雕像中可以辨认出 9 种不同的陶土，颜色从红色到浅褐色不等，而所有这些陶土可能均出自同一地方[17]。在这一领域，还有许多东西有待进一步研究。

278

在希腊人、伊特鲁里亚人和罗马人的艺术中，红陶浮雕扮演着重要角色。大部分浮雕都是用模子制成（图 264），偶尔可以发现使用同



图 263 出土于塔纳格拉的红陶小雕像。公元前 4 世纪至前 3 世纪。



图 264 红陶模子上面刻有赫拉克利斯（Herakles）和酒神的女祭司（Maenad）的浮雕纹饰。罗马时期。

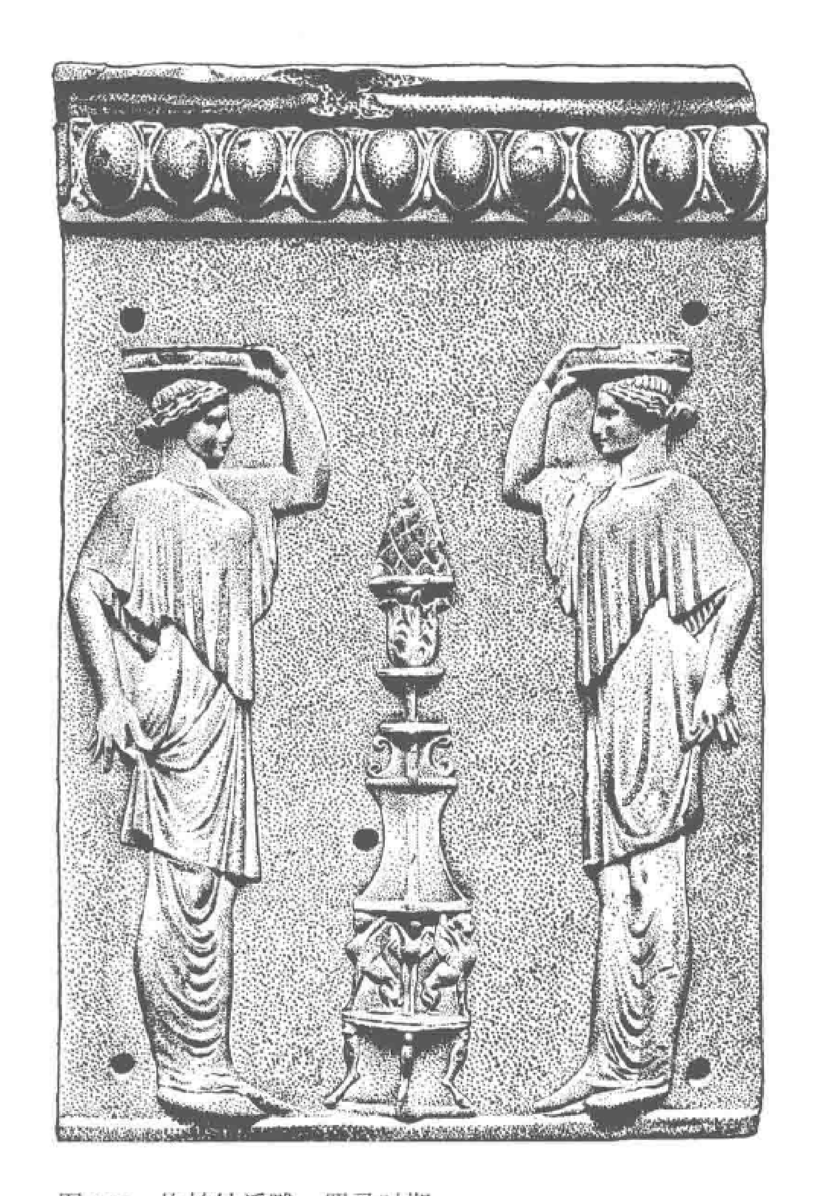


图 265　坎帕纳浮雕。罗马时期。

一模子制成的几件作品。有时一个模子直接比照现成的浮雕制成，由于连续的收缩，新制的浮雕的尺寸自然要比原来的小。

大型的建筑浮雕（其中许多为圆雕作品）常被用作神庙的瓦檐饰、山尖饰及雕带，它们同雕像一样通常用质地粗糙的陶土制成（图版 20C）。那些更小的祭祀用浮雕，包括所谓的米洛斯浮雕（图版 21C）和洛克里斯浮雕、公元前 5 世纪至前 4 世纪的塔朗泰以及罗马时期用作建筑装饰的坎帕纳浮雕（图 265）[18]，都和小雕像一样用质量上好的陶土制成。在它们的背面，有时可以发现除去多余陶土的线痕。和大雕像及小雕像相同，所有的浮雕都曾经装饰有亮艳的颜色。此外，在

许多罗马旧址大量出土了一种通常使用模制浮雕作装饰的小油灯。

那些纯粹实用的红陶——例如屋瓦、装饰山形墙斜挑檐上的盖板、檐沟等等，一般都是用粗糙的陶土烧制而成。用于垒墙的砖可以在窑中烧制，也可以仅在阳光下晾干（边码 407）。那些常常绘有图画的红陶墙和石棺，在许多古希腊遗址中也有发现。

由于有这么多的用途，陶土在整个古代是最受欢迎的材料之一。随着金属和石材的使用不断增长，特别是吹制玻璃技术发明（可能是在公元前 1 世纪）后，红陶的使用略有减少。 279

相关文献

[1] C. F. Binns (and Fraser, A. D.*Amer. J. Archaeol.*,**33**, 1, 1929) was the first to suggest that Athenian vases were fired successively under oxidizing, reducing, and reoxidizing conditions. This theory has been endorsed and amplified by T. Schumann (*Forsch. Fortschr. dtsch. Wiss.*,**19**, 358, 1943). The latter' s important new contribution was the discovery that, by peptizing the clay, i. e. elimination the heavier particles(such as felspar, quartz, limestone), with the use of a protective colloid, and by adding a relatively small quantity of alkali, a substance could be produced equal in quality and appearance to the Attic black glaze. Microscopic and X-ray examinations by F. Oberlies and N. Köppen have substantiated Schumann' s discoveries (*Ber. dtsch. Keram. Ges.*,**30**, 102, 1953.)

[2] The yellowish hue of the slip in some of the examples must be due to the presence of iron as an impurity in the white clay (*cf*Schumann, T.*Ber. dtsch. Keram. Ges.*,**23**, 423, 1942). In time the potters learned to eliminate the iron and thus produce a brilliant snow-white slip.

[3] The chemical formula involved in this process is: $3Fe_2O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2$. In the oxidizing fire, the carbon of the fuel combines with two atoms of oxygen to form carbon dioxide, whereas in a reducing fire the carbon monoxide will extract oxygen from the red ferric oxide present in the clay and convert it into black magnetic oxide of iron. Both Miss Farnsworth and Mr Schumann think that this equation is preferable to that of $CO+Fee_2O_3=CO_2+2FeO$, since ferrous oxide (FeO) is non-magnetic and unstable, whereas the Greek black glaze and black magnetic oxide of iron (Fe_3O_4) are magnetic and stable. (Farnsworth, Marie, in Shear, T. L.*Hesperia*,**9**, 265, 1940. Schumann, T. *Forsch. Fortschr.dtsch. Wiss.*,**19**, 358, 1943.)

[4] Weickert, C.*Archäol. Anz.*,**57**, cols. 523 ff., 1942.

[5] Richter, Gisela M. A.*Annu. Brit. Sch. Athens*,**46**, 146 ff. 1951.

[6] *Idem. Ibid.*,**46**, 149, 1951.*Idem.* 'Attic Black-figured Kylikes.' *Corpus Vasorum Antiquorum*.Metropolitan Museum of Art, New York, fasc. 2, p. 20. Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1953.*Idem., Nederlands Kunsthistorisch Jaarboek*,**5** (Studies in honour of A. W. Byvanck), 127, 1954. Further investigation in this and related problems is now (1954) being carried on by chemists and archaeologists in America, England, and Germany.

[7] On this household ware, see Burr, Dorothy. *Hesperia*,**2**, 597 ff., 1933. Thompson, H. A.*Ibid*,**3**, 469–70, 1934. Talcott, Lucy. *Ibid.*,**4**, 493, 1935.

[8] Richter, Gisela M. A.*Amer. J. Archaeol.*,**45**, 383–9, figs. 23–26, 1941.

[9] A toothed wheel was suggested by former writers on this subject, but Miss Robinson showed me that a better result could be obtained with a toothed stick, for a wheel produces too regular a design. See Richter, Gisela M. A.*Studi Etruschi*,**10**, 64, fig. 1, 1936.

[10] *Idem. Ibid.*,**10**, Pls xxi, 2, xxii, 2. The depressions are clearly visible, for, being out of sight, they were not filled up as they were in the open Megarian and Arretine bowls.

[11] Alexander, Christine. 'Arretine Relief Ware.' *Corpus Vasorum Antiquorum*.Metropolitan Museum of Art, New York, fasc. 1, p. 12, Pl. 1, 1. Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1943. Caskey, L. D.*Amer. J. Archaeol.*,**41**, 527, fig. 6, 1937.

[12] See Bibliography p. 283, esp. Kunze, E. "Berichte über die Ausgrabungen in Olympi." , and Weinberg, S. S. "Terracotta Sculpture at Corint." .

[13] On such heads see Kaschnitz-Weinberg, G.*R. C. Pont. Accad. Archaeol.*,**3**, 325 ff., 1925, and especially Pl. xxi; also*Idem. Röm. Mitt*,**41**, 133–211, 1926.

[14] Myres, J. L. 'Handbook of the Cesnola Collection of Antiquities from Cyprus', p. 329. Metropolitan Museum of Art, New York. 1914.

[15] Pottier, F. P. E. 'Les statuettes de terre cuite dans l' antiquité', p. 251. Hachette, Paris. 1890.

[16] In most accounts of the technique of Greek terracotta statuettes it is stated that the white was applied, like the tempera colours, after firing. But investigations kindly made for me in 1954 by Miss Maude Robinson in New York, as well as under the supervision of Mr R. A. Higgins, in the laboratory of the British Museum, have shown that the white is diluted clay (=slip), fired.*Cf*Bimson, M. in Higgins, R. A. 'Catalogue of the Terracottas in the Department of Greek and Roman Antiquities in the British Museum', Vol. I, p. viii. Trustees of the British Museum, London. 1954.

[17] Pottier, F. P. E. See ref. [15], p. 248.

[18] On the use of Campana reliefs for the decoration of temples, tombs, baths, and private houses,*cf*Rohden, H. von. 'Architektonische römische Tonreliefs der Kaiserzeit', Pl. xlvii, Spemann, Leipzig. 1911. The term is dervied from the name of the Marquis Giovanni Pietro Campana(1808–80), the famous collector.

参考书目

The wares mentioned in the text are described in the standard works. The following is a short list of books and articles dealing specifically with the techniques of Greek, Etruscan, and Roman ceramics. In my own writings I have had the invaluable help first of Mr Charles F. Binns and later of Miss Maude Robinson, both professional potters. In this article I have also profited from lively discussions of various problems with Miss Lucy Talcott of the Athenian Agora Staff.

Blümner, H. 'Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern', Vol. 2, pp. 23–139. Teubner, Leipzig. 1879. Though now antiquated, it contains much useful information.

更新的参考书目

关于古希腊的陶器：

Richter, Gisela M. A. 'The Craft of Athenian Pottery.' Metropolitan Museum of Art, Yale University Press, New Haven. 1923.

Hussong, L. 'Zur Technik der attischen Gefäßkeramik.' Dissertation, Heidelberg. 1928.

Richter, Gisela M. A. 'Attic Red-Figured Vases, a Survey', pp. 23 ff. Metropolitan Museum of Art, Yale University Press, New Haven. 1946.

Beazley, Sir John (Davidson). "Potter and Painter in Ancient Athens." *Proc. Brit. Acad.*,**30**, 87–125, 1946.

Lane, A. 'Greek Pottery.' Faber and Faber, London. 1948.

Buschor, E. 'Bilderwelt griechischer Töpfer.' Piper, Munich. 1954.

尤其关于陶轮：

Rieth, A. 'Die Entwicklung der Töpferscheibe.' Kabitzsch, Leipzig. 1939.

尤其关于阿提卡陶釉：

Binns, C. F. and Fraser, A. D. "The Genesis of the Greek Black Glaze." *Amer. J. Archaeol.*,second series, **33**, 5 ff., 1929.

Schumann, T. "Oberflächenverzierung in der antiken Töpferkunst." *Ber. dtsch. Keram. Ges.*,**23**, 408, 1942.

Idem. " Terra sigillata und die Schwarz-Rot-Malerei der Griechen." *Forsch. Fortschr. dtsch. Wiss*.,**19**, 356 ff. 1943.

Weickert, C. "Zur Technik der griechischen Vasenmalerei." *Archäol. Anz*.,**57**, cols. 512–28, 1942.

Oberlies, F. and Köppen, N.*Ber. dtsch. Keram. Ges*.,**30**, 102 ff., 1953.

Richter, Gisela M. A. "Accidental and Intentional Red Glaze on Athenian Vases." *Annu. Brit. Sch. Athens*,**46**, 143–50, 1951.

Idem. "Red-and-Black Glaze." *Nederlands Kunsthistrisch Jaarboek*,**5** (Studies in honour of A. W. Byvanck), 127–35, 1954.

282

尤其关于"蓝铜矿"及其附属颜料：

Hussong, L.'Zur Technik der attischen Gefäßkeramik', p. 55. Dissertation, Heidelberg. 1928. Schumann, T.*Ber. dtsch. Keram. Ges*.,**23**, 422 f., 1942.

Weickert, C.*Archäol. Anz*.,**57**, col. 525, 1942.

关于希腊和罗马的浮雕陶器：

Courby, F.'Les vases grecs à reliefs.' Bibl. Éc. franç. Athènes Rome, fasc. 125. Boccard, Paris. 1922.

Pagenstecher, R. "Die Calenische Reliefkeramik." *Jb. dtsch. Archäol. Inst*.8. Ergänzungsheft. 1909.

Thompson, H. A. "Two Centuries of Hellenistic Pottery." *Hesperia*,**3**, 311–480, 1934.

Dragendorff, H. "Terra sigillata. Ein Beitrag zur Geschichte der griechischen und römischen Keramik." *Bonn. Jb*.,**96**, 19–155, 1895.

Museum of Fine Arts, Boston.'Catalogue of Arretine Pottery', by G. H. Chase, pp. 8 ff. Houghton Mifflin Company, Boston. 1916.

Oswald, F. and Pryce, T. D.'An Introduction to the Study of Terra Sigillata.' Longmans, Green and Co., London. 1920.

关于西坡陶器：

Watzinger, C. "Vasenfunde aus Athen." *Athen. Mitt*., **26**, 67 ff., 1901.

Thompson, H. A.*Hesperia*,**3**, 438 ff., 1934.

关于琴图里佩陶器：

Libertini, G.'Centuripe.' Guaitolini, Catania. 1926.

关于蓝绿釉彩陶器：

Zahn, R. "Glasierte Tongefässe im Antiquarium." *Amtl. Ber. preuss. Kunstsamml*.,**35**, cols. 277 ff., 309 ff., 1913–14.

Toll, N. "The Green Glazed Potter.", with Technological Notes by F. R. Matson in Rostovtzeff, M. I.*et al*.(Eds).'The Excavations at Dura-Europos, Final Report IV', Part 1, fasc. 1, pp. 1 ff., 81 ff. Yale University Press, New Haven. 1943.

Robinson, Maude. "Notes on the Glaze." in Alexander, Christine.'Green-glazed Ware.' *Bull. Metrop. Mus*.,new series, **3**, 133–6, 1945.

Jones, Frances F. "The Potter." in Goldman, Hetty (Ed.).'Excavations at Gözlü Kule, Tarsus', Vol. 1, pp. 191 ff. Princeton University Press, Princeton. 1950.

关于普通的罗马陶器：

Charleston, R. J.'Roman Pottery.' Faber and Faber, London. 1955.

Walters, H. B. 'Catalogue of the Roman Pottery in the Departments of Antiquities, British Museum.' Trustees of the British Museum, London. 1908.

Idem. 'History of Ancient Pottery' , Vol. 2, pp. 433 ff. Murray, London. 1905.

关于伊特鲁里亚陶器：

关于黑釉陶器：Forsdyke, Sir (Edgar) John. "The Pottery called Minyan Ware." *J. Hell. Stud.*,**34**, 139 f., 1914.

Binns, C. F. and Fraser, A. D.Amer. J. Archaeol.,*second series*, **33**, 9, Pl. 11, no. 6, 1929.

关于装饰：Richter, Gisela M. A. "The Technique of Bucchero Ware." *Studi Etruschi* **10**, 61–65, 1936.

Idem. 'Handbook of the Etruscan Collection' , pp. 2 ff., 10, 40 ff. Metropolitan Museum of Art, New York. 1940.

关于红陶雕塑：

雕像和巨型浮雕：Richter, Gisela M. A. "Etruscan Terracotta Warrior." , with a report on structure and technique by C. F. Binns. Metrop. Mus. Occas. Pap., no. 6, 12–14, 1937.

Kunze, E. 'III, Bericht über die Ausgrabungen in Olympia. Winter 1939–1939' , pp. 126 ff., in *Jb. dtsch. Archäol. Inst.*,**56**, append., 1941.

雕像：Pottier, F. P. E. and Reinach, S. 'La Nécropole de Myrina.' Bibl. Éc. franç. Athènes Rome, second series, Vol. 8, i, pp. 125 ff. E. Thorin, Paris. 1887.

Pottier, F. P. E. 'Les statuettes de terre cuite dans l' antiquité' , pp. 247–62. Hachette, Paris. 1890.

Burr, Dorothy. 'Terra-cottas from Myrina in the Museum of Fine Arts, Boston.' Dissertation, Bryn Mawr College. 1934.

小型浮雕：Jacobsthal, P. 'Die Melischen Reliefs' , pp. 101 ff. Deutsches Archäologisches Institut, Berlin. 1931.

Zancani Montuoro, Paola. "Note sui soggetti e sulla tecnica delle tabelle di Locri." Atti Mem. Soc. Magna Graecia,nuova serie, **1**, 1–36, 1954.

Wuilleumier, P. 'Tarente des origines à la conquète romaine' , pp. 393 ff. Bibl. Éc. franç. Athènes Rome, fasc. 148. Boccard, Paris. 1939.

Rohden, H. von. 'Architektonische römische Tonreliefs der Kaiserzeit.' Spemann, Leipzig. 1911.

灯：Broneer, O. 'Terracotta Lamps.' Corinth. Results of Excavations conducted by the American School of Classical Studies at Athens. Vol. IV, part II, Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1930.

第2篇　中世纪

E. M. 约普(E. M. JOPE)

284

8.6　资料来源

制陶的一般性原理、陶土的一些特性，以及陶轮和转台的使用及其早期历史，在本书第Ⅰ卷（第9章和第15章）和本章第1篇已经讨论过。这里我们将考虑罗马时期之后欧洲技术的发展，但经常需要谈到东方的影响，这种影响的特点将在本卷的最后一章谈到（边码755起）。然而，来自东方的影响并不仅仅局限于技术方面，拜占庭和伊斯兰也改变冲击着欧洲陶瓷的装饰艺术。对于后一话题我们将不会说得太多，毕竟它属于艺术史而不是技术史范畴。出于同样的原因，我们将忽略欧洲本土制陶在风格和品位方面的许多变化，只要它们不是技术上的。我们关心的是新技术和新工艺，无论是本土制陶还是受到了东方技术的激励。

西罗马帝国崩溃后，精美的轮制陶器的大规模生产在许多西北省份趋于停止，原始的手制陶器传统再次盛行起来。然而，在一些地区——例如莱茵兰以及高卢和意大利的部分地区，罗马陶器制造技术在整个中世纪一直持续发展。5世纪至9世纪，除肯特郡以外，不列颠其余地区原先的轮制陶器技术有所退步，直到从莱茵兰重新引进这一技术。从11世纪起，北部和西部地区出现了许多新技术和新方法，它们直接或间接受到来自东方的影响。在向欧洲陶瓷业传播东方影

响的过程中，现在仍然很难说清拜占庭、西班牙、北非、黎凡特和意大利等国家和地区所扮演的具体角色。

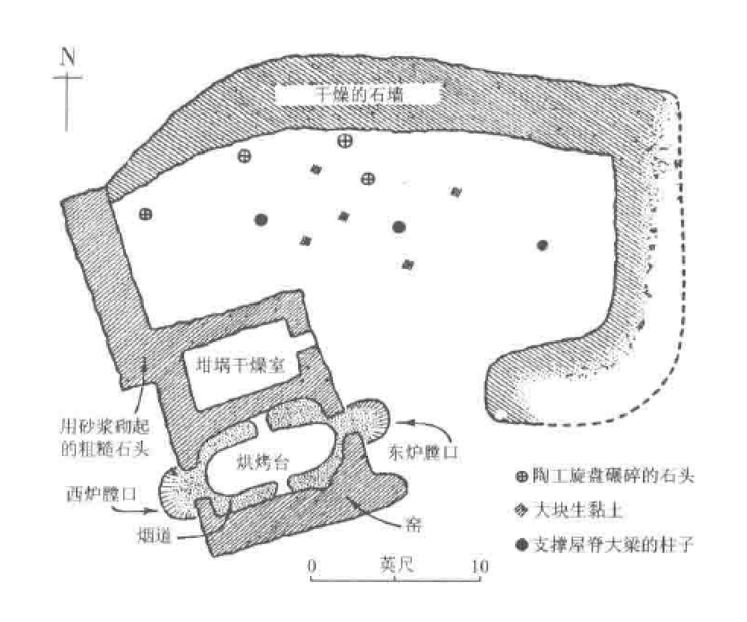


图 266　萨里郡林普斯菲尔德一个陶器加工场的平面图。13 世纪。

虽然出土了一些制陶作坊遗址（图 266），但我们掌握的有关中世纪陶瓷技术的资料大部分来自对陶器本身和被发掘出的窑址的详细研究。我们对中世纪陶瓷质地和釉很少进行化学和矿物学方面的分析，对陶瓷的烧制温度和条件这类问题也几乎没有定论。古代文献中偶尔会提及陶匠们的工作和陶釉的一些配方，手稿中也保留了一些有用的插图，一些保存下来的早期印刷品上也绘有陶工轮制陶器的画面（图 270—273）。

在中世纪末，皮科尔帕索（Cipriano Piccolpasso，1524—1579）写



图 267　研磨陶土的沉淀池的顺序。出自皮科尔帕索关于陶匠艺术的书稿，约 1550 年。

了一篇关于“陶匠艺术的全部秘密”的出众报道，描述了1550年前后意大利北部的制陶业。他生活在当时的一个制陶中心卡斯特尔杜兰特（Castel Durante，即今天的乌尔巴尼亚），兄弟法比奥（Fabio）是一位陶匠。这篇第一手的报道配有插图，是西方最早有关这一课题的综合性论述（图267、图273、图274、图279、图280、图286和图287），虽然1301年波斯人也曾写过一篇这方面的文章。迄今为止，皮科尔帕索报道中的许多资料仍然作为商业秘密而未被公开，他主要介绍的是马略卡陶器的生产，这种精美的锡釉陶器的制造传统源于近东。但文中关于陶土的配制（图267）、陶轮的制作和陶窑的修建以及器皿的成形和烧制等资料，大多也适用于一般的精细陶瓷。

286



图268　莱茵河地区的盐釉硬陶壶。
出土于莱茵兰的锡格堡。15世纪。螺旋纹显示出了在制坯的旋转过程中塑性陶土的扭转。

8.7　伊斯兰和中国的影响

中世纪欧洲精美陶瓷的发展历程，主要表现为东方持续不断的影响。直接的影响来自伊斯兰世界（图版22B、22C和图版23A），伊斯兰陶瓷的品位和技术则受到了源远流长的中国陶瓷传统的影响（见结语，边码767起）。这些来自远东地区的遥远而间接的影响，只能在技术的很少几个方面得到证明。中国陶瓷在9世纪时远销至巴格达地区，在整个中世纪一直出口到近东，直到后来的17世纪才大量销至欧洲。但早先中国陶瓷对东伊斯兰国家的陶匠们产生的重大影响——随后还通过他们间接传入欧洲——主要分为三个阶段，分别是9世纪、12世纪和15世纪。

9世纪中国唐朝生产的饰有彩斑的炻器和乳色瓷器，在近东引起了人们对陶瓷艺术的

欣赏。最初仅仅是对中国瓷器的颜色、质地和造型加以模仿，但很快出现了一些创新。伊斯兰世界成功地使用不透明的锡釉制成白色陶瓷(边码301—302)，为陶瓷绘画艺术最初的繁荣开辟了道路。巴格达的哈里发朝廷是伊斯兰陶器生产的中心，然而到了11世纪，这里的陶匠移居到开罗，波斯开始在陶瓷生产上处于前列。这种锡釉陶器和随即发展的绘画风格，很大程度上影响了欧洲特别是西班牙和意大利对精美陶瓷的品位，因而成为马略尔卡陶器和代尔夫特陶器的前身。

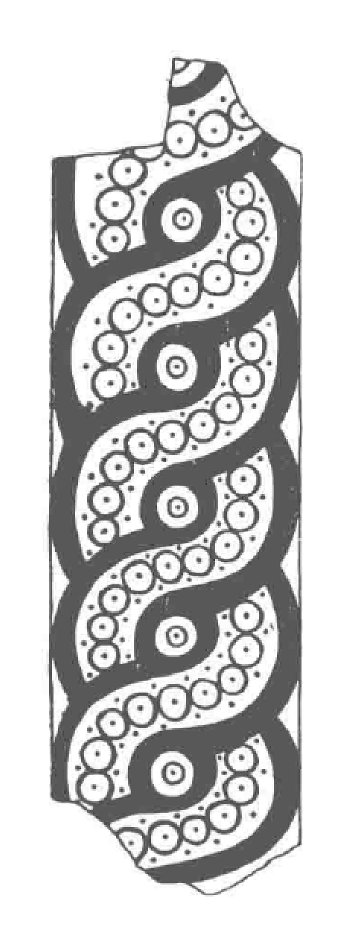


图269　白底绿色、棕色和黄色彩陶片。
出土于保加利亚的帕特雷纳地区，10世纪。

12世纪，波斯人用一种白色的材料来仿制中国白瓷，而不是像9世纪巴格达那样采用一种乳浊釉。这种波斯材料的主要成分是粉末状的石英和玻璃，里面掺有少于10%的白色陶土。它虽然比锡釉陶器更有清脆的回音且更为耐用，但可塑性小，没有锡釉陶器那么精细。这种技术可能源于波斯并传播到了埃及，却未对欧洲陶瓷制造产生什么影响，虽然几百年来波斯一直在陶瓷艺术和工艺方面成就卓著。

中国青花瓷器(它本身部分地受到了更早的伊斯兰陶器的影响)在15世纪的大量进口，再次为近东伊斯兰制陶艺术注入了新的活力。这些青花瓷器直接或通过伊斯兰国家间接地刺激了中世纪以后欧洲陶瓷业的发展，因此我们将欧洲精美陶瓷的发展大部分同时归功于伊斯兰国家和中国。

中国陶瓷最有代表性的两个品种是瓷器和炻器。瓷器用优质白色黏土和瓷石制成。瓷石是一种长石类矿物，在高温(1250—1350℃)下熔化成玻璃状物质，这一温度对瓷器的生产非常重要。瓷器的特性是

287 洁白、半透明和有金属般的回音。700年左右开始，中国就在生产这种瓷器。大约100年后，这种瓷器出口到近东尤其是巴格达地区。

炻器 虽然缺乏瓷器的洁白和半透明，但也有很好的回音特性，中国从4世纪起已经进行生产，它们在近东地区也被大量仿制。炻器是用可塑性强的黏土在高温（约1250℃）状态下烧制而成的，这就意味着在装窑和烧窑方面需要高超的技术。由于黏土在烧制过程中一部分呈玻璃化，用它制成的器皿即使没有施釉，也不可能渗水。莱茵兰在加洛林王朝时代（约800年以后）也生产炻器，但与东方的影响基本无关。这些莱茵兰早期的炻器在结构非常简单的陶窑内烧制（图281），出众的质地可能主要是由于使用了塑性黏土而非特别高的烧成温度。中世纪后期其他地方生产的炻器也逐渐出名，特别是锡格堡地区（靠近科隆）的产品（图268）。

通过使用一种盐釉，14世纪莱茵河地区的炻器得到了进一步发展。在烧制过程后段，往陶窑内撒入几磅食盐，食盐与陶土内的矿物质反应，生成玻璃状的表层。在某些莱茵兰陶器上出现的特殊的黑斑效果，显然是在陶窑内的还原条件下产生的，这些（科隆）陶器上有时还会生成蓝斑和紫斑。大约从1684年起，炻器才在英格兰生产。

8.8 拜占庭的影响

人们通常认为，中世纪意大利的精美多色器皿是受摩尔人时期西班牙的影响。但在12世纪和13世纪，威尼斯和南意大利处于拜占庭的统治之下，也获得了来自拜占庭和黎凡特的一些陶器。这些进口产品自13世纪早期起对意大利施釉器皿（如阿普利亚或奥尔维耶托地区的）发展所产生的影响，一直被我们所低估（图版22E）。11世纪，日耳曼、低地国家和英格兰又重新使用铅釉，这可能与悠久的拜占庭传统有些关系。然而，我们对拜占庭陶瓷的发展知之甚少（图269）。

288 在科林斯地区和保加利亚发现过拜占庭时期的陶窑遗址，在君士坦丁

堡却没有发现。

通过海上贸易，地中海地区大体上成为将东方陶瓷艺术融入西方的场所。至于拜占庭陶瓷的影响，并没有超越保加利亚以外的多瑙河地区。虽然黑海和波罗的海地区间的陆上贸易非常繁荣，但北方的陶瓷艺术尚不够发达，无法很好地吸收东方在用釉和绘彩等方面的精华。在13世纪，法国西南部（桑特）生产一种精美的乳色陶器，表面施有一层薄薄的铅釉，釉层下绘有棕色和绿色的鸟，还绘有地中海地区从源头上说是来自东方的树叶状装饰。这些陶器出口到不列颠（图276）并对当地制陶业产生影响，它们甚至还远销到斯堪的纳维亚半岛。



图270　转轮边的陶匠。出自一部13世纪法国的手稿。陶匠的右手持棍来转动陶轮，这样就腾不出右手来旋转陶坯。这与踏式陶轮（图271—273）截然不同。

8.9　容器的成形

在罗马时期之后的欧洲农村公社以及维京人时期（6—9世纪）的北部贸易城镇，各种类型的手制陶器广泛使用［图275（1）］。在更偏远的地区——例如爱尔兰北部，这种工艺一直持续至不久以前。陶匠手里拿着刻槽工具，在器皿表面刻上装饰性凹槽。

这些陶器用黏土块成形，或是用长的“香肠”状泥条弯成环形或螺旋形制成，或者把陶土置于台面上急速旋转成形（第Ⅰ卷，图226、图242）。13世纪的一份手稿绘有陶匠用棍来推动陶轮旋转的画面（图270），这种方法效率低，因为陶匠只能腾出一只手来制作陶器。然而，这种方法直到近代还在使用（第Ⅰ卷，图233）。

289

在13—16世纪西方文献的插图中，可以见到各种脚踏式陶轮（图271—274，图版23C）。这种装置的最大优点在于陶匠可以亲自控制陶轮的旋转速度，并且持续旋转陶皿。许多中世纪陶器本身也可证明它们是在高速旋转的陶轮上成形，例如莱茵兰从罗马时期起就一直保持着这种制陶方法，甚至我们今天使用的陶质炊器也是在快轮上制成。然而，英格兰并未延续罗马时期的轮制陶器传统，大约9世纪时，英格兰东部才从莱茵兰地区重新引进陶轮技术［图275(2)］，到13世纪才传播到整个英国。

图271 陶匠的踏式陶轮。出自15世纪的一副纸牌。

在皮科尔帕索（图273—274）的记载中，陶轮坚硬的钢轴支点在燧石或非常坚硬的钢盘上旋转，靠近轮轴顶部的轴承用涂油的皮革包裹。此外，陶窑遗址中也发现有轴石（图266）。

在陶轮上提拉可以制出各种尺寸的高大器皿，通常用在提拉过程中形成的一个较厚的边来加固口沿。从球茎状的器身上将陶土提拉制成细细的颈部，这是制陶过程中最难的一部分［图275(8)］。器皿的腰部和成形的颈部或底座部分有时是分别制成的，从陶轮上取下后再行粘接，可以趁它们潮湿的时候用封泥粘在一起，甚至可以（根据皮科尔帕索的记载）在烧制成陶坯后通过釉层连在一起，再进行二次烧制。浅腹的器皿（如大浅盘）的制作时，将陶泥团置于转台或陶轮顶端的一个凸起的模子上旋转成形，制成的器皿底部朝上，倒扣在模子上（图273）。

旋坯和修坯　当陶坯仍在陶轮上时，陶匠有时使用模板和其他工具来除掉器物上多余的陶土，修整器形（图 271—272）。这类工具特别适合制作环形器足，也适合利用突出腰部和中空的模子来产生优美的器形。在陶土有些变硬后，也可以像打磨一样利用陶轮的旋转来修整表面。不过，在中世纪的器物上还是留有许多规则而坚硬的边状纹饰。它们第一眼看上去像用工具制成，但我们很快就会发现它们与手指大小相吻合，是由手指在快轮上按压形成的。由于浅盘是倒置着制成的，所以当它还在轮上时，环形足很容易通过旋转直接获得。在其他器皿上，通常在器皿从陶轮取下后再把环形足加上去。

290

凸起的底部是中世纪陶质炊器——例如平底锅、碗甚至大水罐等——的一个显著特征［图 275（3）］。这种器底是趁陶土仍软的时候



图 272　踏式陶轮上的陶匠。
他正使用一根“肋”或打磨工具来对坩埚进行表面加工。坩埚放在搭有屋顶的架子上晾干。他正在制的深腹坩埚带有盖子和筛网状底。这些坩埚用于焙烧黄铁矿以便从中提炼含硫磺或含沥青的蒸气。可以看到它们正在炉中烧制。出自阿格里科拉（Argicola）的《论冶金》，1556 年。

用手或垫片在底部内壁按压制成，同时或许还将陶坯的底部从轮盘上稍微抬起以便形成凸底。器底通过压实陶土来加固，在温度变化引起陶土膨胀或收缩时，这种凸起的表面不太会破裂，就像我们今天实验室中的现代圆底烧瓶一样。另外，通常使用小刀或细绳（像一根奶酪线）从陶轮上取下器皿，这样做往往会在器底表面留下明显偏离中心的痕迹（图 239）。

手柄通常是用陶土条或陶土棒成形，有时需要将几根泥条绞在一起成形。同早期一样（第Ⅰ卷，边码 399），中世纪也可以见到金属器制作对陶器的影响，例如用动物头像来装饰陶器的手柄。事实上，这种装饰的陶酒壶在意大利被称作 *bronzo antico*。手柄通常采用嵌入的方式固定，即在陶土还软的时候用泥浆将连接处润湿，然后用手指将手柄和器身粘在一起。拇指和其他手指的压痕常常凸显在手柄的顶端和底端，成为器皿装饰风格的一部分。在较低的结合处，这些压痕有时会形成凹槽（图 278）。陶匠时常也用一根尖利的棍穿过手柄与器身的连接处来从内部加固手柄，更精心的制作方法则是在手柄两端制成插头，然后将它们插进水壶颈部和器身上留出的洞内加以固定，这是一种榫头和榫眼的接合方式。

291

器口一般仅靠捏陶坯的边缘就能成形，不过法国中世纪水壶上的“鹦鹉喙”大壶嘴，肯定是后来加到壶身上去的。管状器嘴［图 275（4）］加到器身上的方法是用一根小棍从外部穿入器身，或者用手指从器身内刺穿而出，然后将泥条裹住棍或手指制成器嘴，再将器嘴与器身捏在一起就完成了连接。显然，器柄和器嘴常常是器皿还在转盘上时就被固定了。那些用于存放液体的大型器皿底部附近，往往有类似的塞孔。

有的时候，陶器上加有长短不等的器足，通常为 3 个，或者为了模仿金属器皿风格，或者为了使凸起的底部平稳站立，在器底拐角处的装饰条纹带也出自同样的原因。在德国，炻器上更是大量使用装

292



图 273　踏式陶轮上的意大利陶匠。出自皮科尔帕索，约 1550 年。左边那人在轮头的一个凸模（边码 289）上制大浅盘，他正在磨平器底。

图 274　摘自皮科尔帕索绘制的陶轮示意图。
（上）枢轴点。
（中）注意轮轴轴承上的盖子。
（下）木制陶轮结构，有两个可拆装的圆盘，它们的接合点呈垂直角度。

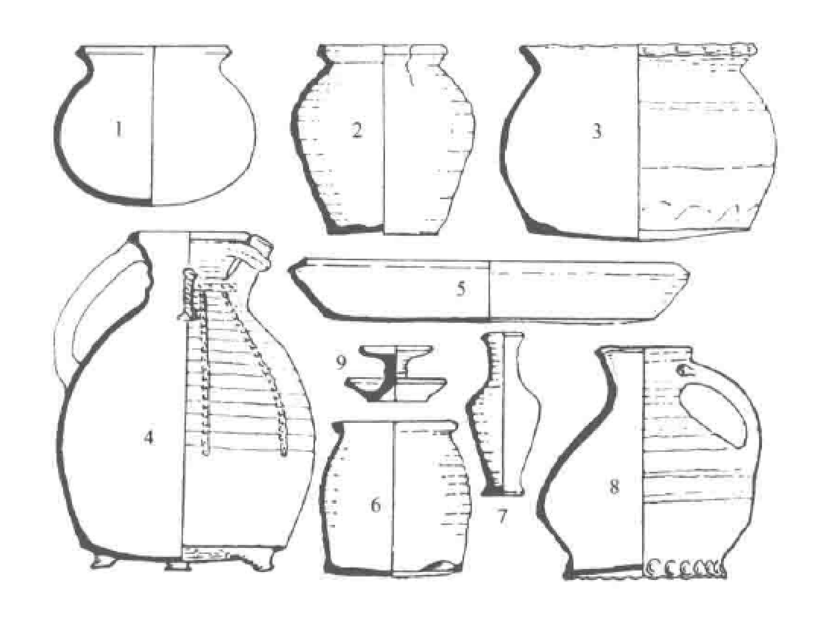


图 275　欧洲中世纪一些典型的陶器类型。
(1) 球形炊器陶罐，属于北欧和西欧手制陶器传统的一部分。8—12 世纪。(2) 平底窄炊器陶罐，轮制，延续了罗马制陶业传统，这种器形从莱茵兰和沿岸地区传播到欧洲的北部和西部。8—11 世纪。(3) 胖肚炊器陶罐，有外翻的边缘和凸起的底部，底部的外边缘留有小刀修整的痕迹。不列颠，特别是英格兰南部和中部地区。11—14 世纪。(4) 胖肚球形水罐，有管状的壶嘴和带状的柄，有时饰有附耳和 3 个小器足；已有釉。英格兰南部和中部地区。12—13 世纪。(5) 宽口浅盘，用作盛放肉类和禽类食品，有时作为饮酒器；无釉。英格兰南部和中部地区。11—13 世纪。(6) 稍小的高炊器陶罐，特别流行于不列颠北部。12—14 世纪。(7) 造型优美的陶瓶；有釉。不列颠，13—15 世纪。(8) 有柄水罐，具有宽大的器身和细颈。在宽大的器身上提拉细小的颈部是轮制过程中最难的操作之一（也见 4）；器底的形状是从陶轮上取下后掐捏器底陶土形成；有釉。不列颠，13 世纪后期至 14 世纪。(9) 双盘灯，灯柄和一些外形是成坯后再在陶轮上用工具旋切制成，灯座从陶轮上取下后再用刻刀抠空，有釉。不列颠，13—15 世纪。

饰性器底，它们通常由捏塑留在底角上的厚泥脊而形成［图 268、图 271、图 275(8)］。

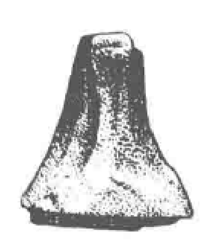
盖座是用手指或简单的工具制成中空的圈形。器盖从窄的支座上提拉而成，当器盖倒置时再制成盖钮(图 272)。

塑造装饰　陶匠在制作陶坯时，往往在柔软的陶土上加一些明显的装饰，例如器表划沟、边塑和用工具制成的凹槽。当成形的器皿还在转盘上时，可以制作那些不需旋转来完成的造型装饰，包括捏制垂直的或水平的陶土装饰带(图 278)、戳印、压花、蓖划和刻出纹饰。底角上的装饰是通过刻痕、拇指压印和模塑陶土装饰带制成的，而这自然是在器物从转轮上取下后完成。所有这些装饰方法都很普通。骨、木、石和陶质的印戳或模子已经被发现，它们用于在陶器上制作诸如玫瑰花饰和人面图案之类的印花纹饰(图 277)。塑造装饰的重要地位

293



图 276　普兹勒陶罐。
乳色陶器涂有透明釉，上饰有绿彩和棕彩。13 世纪。出土于埃克塞特，但在法国西南部夏朗特的桑特制作。



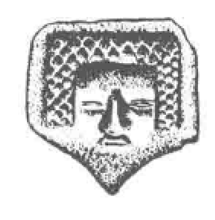


图 277　用于有柄水罐上的人面纹印模。
可能为 14 世纪的产品。

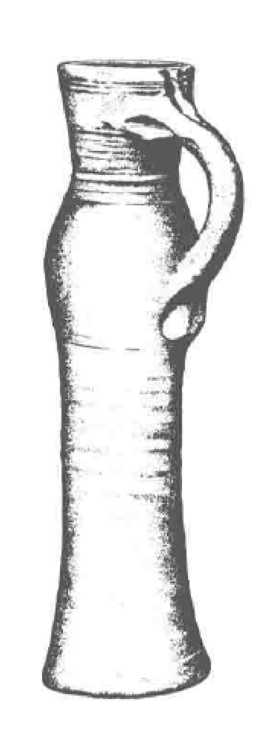
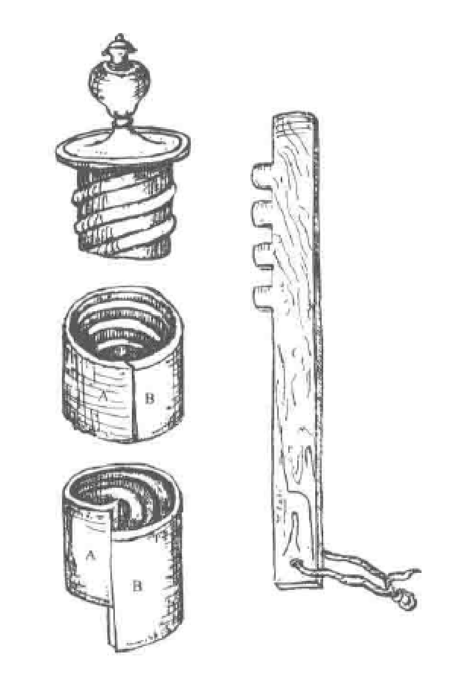


图 278　高曲柄杯。
出土于约克郡。13 世纪后期至 14 世纪。

仅次于轮制工艺，它在中世纪的意大利和法国得到了应用（图 276），在 13 世纪的英格兰则已经变得司空见惯（图 292），却到中世纪后期走向了衰落。这种费时费力的造型模子有时是很有实用性的，因此，皮科尔帕索描述了陶瓶螺旋塞的制作（图 279，图版 22D）。

部分或全部使用模子的陶器由罗马人（边码 272）和中世纪的伊斯兰陶匠制作，通常趁陶土将干未干时在器表雕刻。在 12 世纪的波斯、美索不达米亚和埃及，特别流行这种装饰方法。



294

图 279　皮科尔帕索绘制的陶瓶螺旋头结构示意图。
螺旋头被当作瓶颈的一个模压品来制作。（右）制螺旋纹的工具（见图版 22D）。

8.10　干燥和烧成

在烧成前将陶器晾到半干是必要的。这一过程要求非常仔细，器皿通常放置在器皿架上（图 272），不过也有资料表明某些器皿要放在一种特别的烤炉内干燥（图 266）。在西欧，中世纪用于烧成陶器和砖瓦的陶窑结构基本上沿用了罗马时期的陶窑，偶尔根据经验进行一些调整。北方的陶窑较小，为圆形或椭圆形，按结构主要分为：横穴窑（图 281）和竖穴窑（图 282、图 283 和图 284）。到了中世纪后期，意大利已经使用长方形的砖窑来烧制陶器。这种陶窑有很多窥孔，结构如同皮科尔帕索所描述（图 280、图 287）。另一方面，许多农家用的陶器继续在不封闭的炉膛内烧制或堆烧而成（第 I 卷，图 237）[1]。

295

横穴窑中的陶罐堆放在火膛底面上，上面覆有草皮或黏土和树枝搭成的临时棚顶，这种简陋的陶窑甚至用来烧制火候要求很高的莱茵兰地区的炻器（图 281）。大部分竖穴窑有圆形或椭圆形的火膛，需要

1　克诺克（G.M. Knocker）在萨福克发掘出了异教徒撒克逊人时代这种堆烧陶器的遗址。

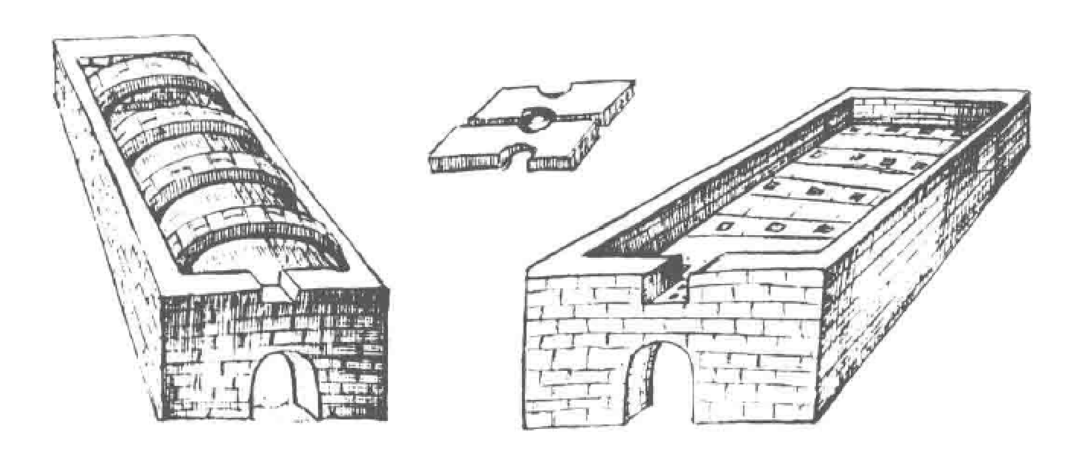


图 280　皮科尔帕索绘制的图案显示了建造如图 287 中的陶窑的两个阶段。

烧制的陶器堆放在膛内底面垒筑的平台上。结构最简单的竖穴窑有一个中心支柱，上面放置从窑壁伸出的稀疏的炉条（图 282），而在一些罗马陶窑内（图 291），窑床是一个永久性的陶土台，上面戳刺有小洞，就像中世纪科林斯地区使用的那样。有时和瓦窑内部差不多，将窑床制成中间稍高的拱形［第 I 卷，图 241（B）］。中心的支撑物通常是一种实心结构（图 283）或一堵墙。火拱门（Fire-arches）用石灰和陶土混合制成，为永久性结构，横截面为圆形，从窑壁伸出（图 283），这种火拱门可能是后罗马时期发展起来的，到撒克逊时代后期都一直在使用，例如在诺福克的塞特福德地区。在这些拱桥之间堆满松散拼合的陶瓷碎片，热气可以通过其空隙进入，并通过穹顶转向平台的中心。器皿堆放在窑床和火拱门上。9—12 世纪平斯多夫（莱茵兰地区）的一些炻器，就是在这种窑内烧制而成。

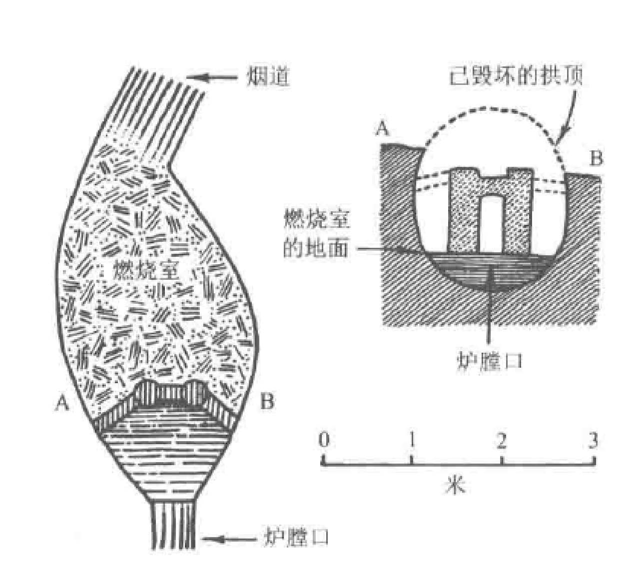


图 281　横穴窑的平面图（左）和剖面图（右）。莱茵兰地区锡格堡附近的盖尔根堡。坚硬的莱茵兰粗陶器（见图 268）就是在这些简单的陶窑内烧制成的。

13 世纪及以后在设计方面所做的试验，可以在白金汉郡布里尔和萨里郡林普斯菲尔德的

陶器制造厂中看到(图284、图266),它们可能是为了使更大的陶窑整体能够加热得更强烈、更均匀。火在双端竖穴窑的两端点燃,热气流由于遇上置于两个烟道中途的烟道塞而转向窑床,因而环绕着中心加热。

一些中世纪陶窑的建造明显是为了集横穴窑和竖穴窑之所长。凡是在考古发掘中出土的有一个炉膛口、另一端为烟道、还有一个堆烧陶器的火台的陶窑,可能都属于这种复合类型(图285)。在这种陶窑内,需要通过仔细操纵通风孔来控制火焰。

在罗马时期和以后各个时期,

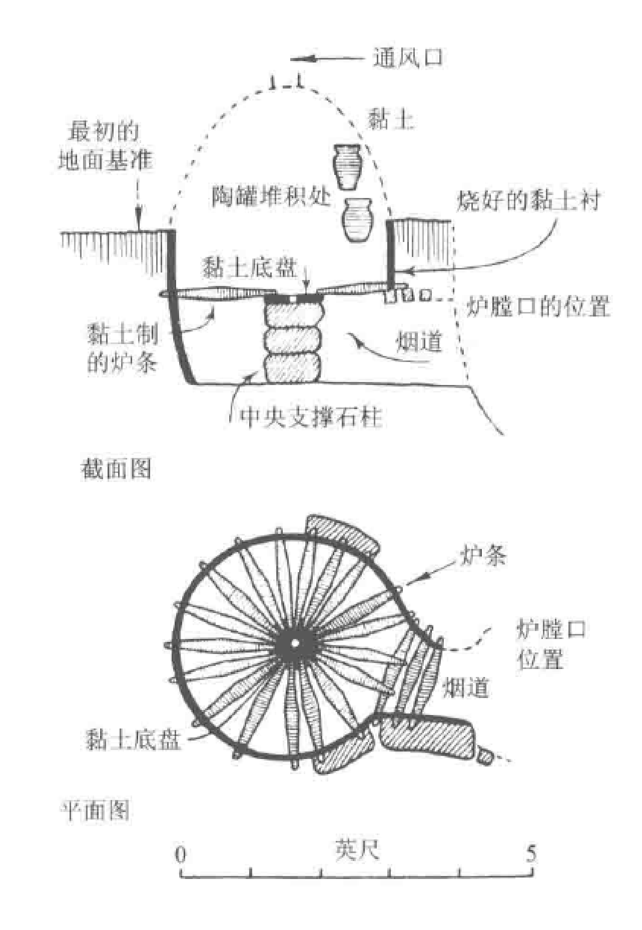


图282 罗马—不列颠时期的竖穴窑。出自北安普敦郡附近的韦斯通法沃尔。
陶器被堆放在一个平台上,平台由搁在黏土盘上的许多黏土炉条组成,黏土盘下有一个中央支撑石柱。1世纪。

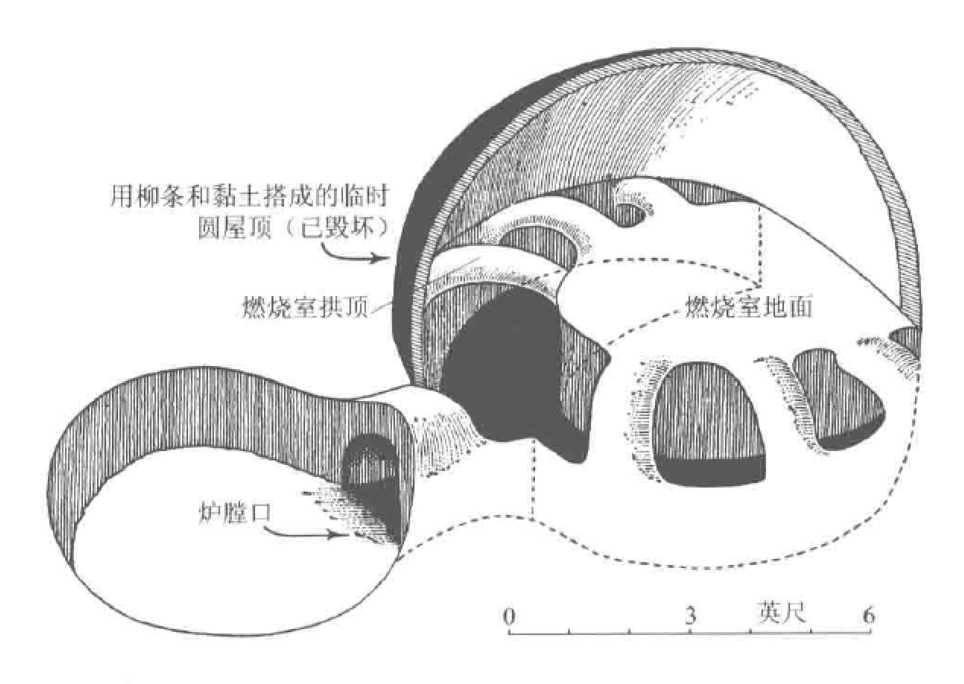


图283 北安普敦郡波特斯伯里地区竖穴窑的复原。
14世纪。注意支撑火台的坚固结构。

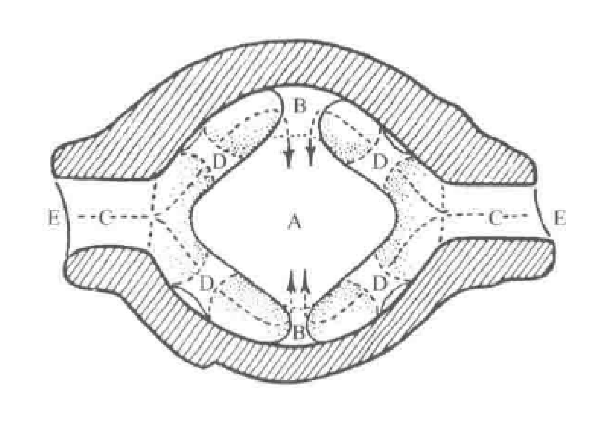


图 284 白金汉郡的布里尔的双端竖穴窑平面图。13 世纪。(A) 烧制平台;(B) 烟道塞;(C) 炉门;(D) 火门;(E) 炉口。箭头表示热气的路径。窑炉的全长为 14 英尺。

烧制砖瓦的窑都是长方形砖质结构(图 291),在结实的拱桥上是打了孔的烧火窑床。这种窑只是在中世纪晚期才被用作烧制陶器。用于屋脊、屋顶或铺路的瓦和砖全部是在里面生产出来的。

297

中世纪陶窑的容量和装烧 大部分中世纪陶窑一次可以烧 200 个标准陶器,烧砖瓦的窑一次可烧的器皿数量更多(边码 305)。陶器被堆放在一起,中间用陶垫圈隔开,或者将陶器放在匣钵内(图 286)以便更均匀地受热,这些方式今天还在使用。

烧成温度和温度控制 不封闭的火膛和砖垛的温度只能达到 700—800℃,在这种温度下,好的黏土很少能烧成坚硬的和不渗水的结构。罗马赭色黏土陶器的烧成温度高达 1050—1150℃(边码 273),在横穴窑中烧成温度甚至更高,早期莱茵兰地区的炻器就是这样烧成的(图 281)。中世纪西欧陶窑的类型和所能达到的温度和罗马时期有很多相同之处,仍然以木柴作燃料。

298

由于陶窑是间歇式烧制的,所以烧制过程产生的热量仅有 5%—10% 被陶瓷实际吸收。据说现代连续烧制的火烧窑——其中一个已经燃烧 60 年——热量的利用率可达 30%—40%。显然,在使砖成为一种经济的建筑材料方面,连续烧制是一个重要的进步。对于生产实用器皿而言,早期近东地区一些陶器的烧制温度有些不必要地过高了。直到伊斯兰时期(7 世纪后),人们才意识到这样做太浪费燃料,对那些燃料匮乏的地区来说尤其如此。

299

使升高的窑温降下来非常有必要。在 350—500℃,有机物会被烧尽,水分全部蒸发,如果产生气体太快的话,气体就会对构件产生

破坏。在570—600℃，二氧化硅本身发生物理变化并开始膨胀。温度达到600℃以上时，窑内加热速度过快，如果不是铅釉陶器，釉层就会产生气孔。在中世纪陶器上，这种缺陷经常可以见到。早期在陶器烧制过程中，陶匠们无法看到陶窑的内部情况。虽然科隆地区的罗马陶匠好像已经使用陶试片来测试铅釉，但仍很难证明中世纪的陶匠使用一些辅助物——例如现代使用的西格测温锥——来控制火焰燃烧。皮科尔帕索的记述中，在火拱门上的灰浆开始滴落时，陶匠才观察陶窑内部。他还给出了烧制时间，而且指出陶匠工头是利用放在他面前的沙漏来指挥作业的（图287），这是在工业进程中使用工具控制的一个比较早的例子。

超过24小时的慢冷却也是非常必要的。二氧化硅在573℃收缩，这是一个特别的危险点。许多中世纪陶窑烧制的废品，尤其是那些砂质构件，就显示出可能是由这种变化引起的破裂。当达到最高温度时，需要熄灭火焰，密封陶窑使它自然冷却。当陶窑完全冷却后，拆掉陶窑上的圆顶棚，然后拿走烧好的陶器。中世纪这样制成的许多的陶器在还原状态下冷却，也就是说不和空气接触。不过，还原的程度依赖于封窑的效果。

在干燥和烧制的整个过程中，黏土的收缩通常达到其线度的1/8—1/6。中世纪末期生产的至今仍相当精确的测量仪器——例如品脱杯，表明一些陶匠非常了解他们所使用的材料的特性。

8.11　陶釉、泥浆和绘画装饰

在陶器上涂玻璃质的釉最初是为了增强防水性，虽然许多中世纪陶器上杂乱无章的施釉已经使其变成仅仅是一种装饰。毫无疑问，陶匠们使用釉通常只是出于习惯而并未考虑用途，釉一般涂在各类陶器的外壁和内壁上。11世纪英格兰生产的陶标灯不施釉，这种标灯是一种油灯，灯内装有油，灯芯浸在油内。直到13世纪，这种标灯的

灯盘内壁才开始施釉。在东方有一定渗水性的无釉陶器继续被有意识地生产，目的是利用陶器外表的持续蒸发而使盛贮的水保持清凉。这类器皿有时设计有滤网盖，以防止苍蝇飞入。

罗马时期真正的玻璃质釉分两种方式制成。东方使用的碱性硅酸盐釉（与玻璃的成分类似），在中世纪并没有被继承下来。不过在罗马时期，从小亚细亚到不列颠还广泛使用一种含铅的硅酸盐釉，它构成了大多数中世纪陶釉的基础（边码 274）。这种釉能够比碱性硅酸盐釉更好地黏附在陶器表面，并在更低的温度下软化。将这种釉与玻璃混合，由于氧化锡的乳浊作用，会在伊斯兰陶器、马略尔卡陶器和代尔夫特陶器上形成乳浊的玻璃质“锡”釉。然而，罗马帝国灭亡后，铅釉在西方不再使用，直到 10 世纪左右才重新出现在日耳曼西部、莱茵河地区、低地国家和英格兰生产的外形具有典型当地色彩的陶水罐上。这种铅釉据推测是从拜占庭世界（包括意大利的亚得里亚海地区）重新传入德国的，因为铅釉在君士坦丁堡自古代起就一直使用。这次传播可能只涉及一些配方知识，例如特奥菲卢斯（Theophilus）或希拉克略（Heraclius）的配方（边码 351），如果它们还能实际使用的话。从 12 世纪起，西欧开始普遍烧制铅釉陶器，特别是在英国和法国。

在罗马时期，铅釉混合物（掺有胶的铅化合物）被涂在已经烧成的陶坯（素坯）上，然后将陶器放在一个有盖的陶罐内，先后两次加热至 900—1000℃，这种有盖的陶罐起着隔焰窑的作用。罗马时期的不列颠使用这种方法（图 288），它与东方的生产步骤非常类似。

中世纪有些铅釉陶器的制作，可能是在陶坯半干的时候将铅釉涂到陶胎上，然后将坯与釉一起烧制而成。考古发掘的陶窑遗址清晰地表明，中世纪许多铅釉陶器是经过两次烧制的，这与希拉克略所说的一样。然而，目前我们还没有找到专门烧釉的陶窑。按照皮科尔帕索的描述，在装烧马略尔卡陶器的陶窑内，把已经绘完图案的陶器放在那些将要进行第一次烧制的陶器上方，这样两道工序就在一个陶窑内

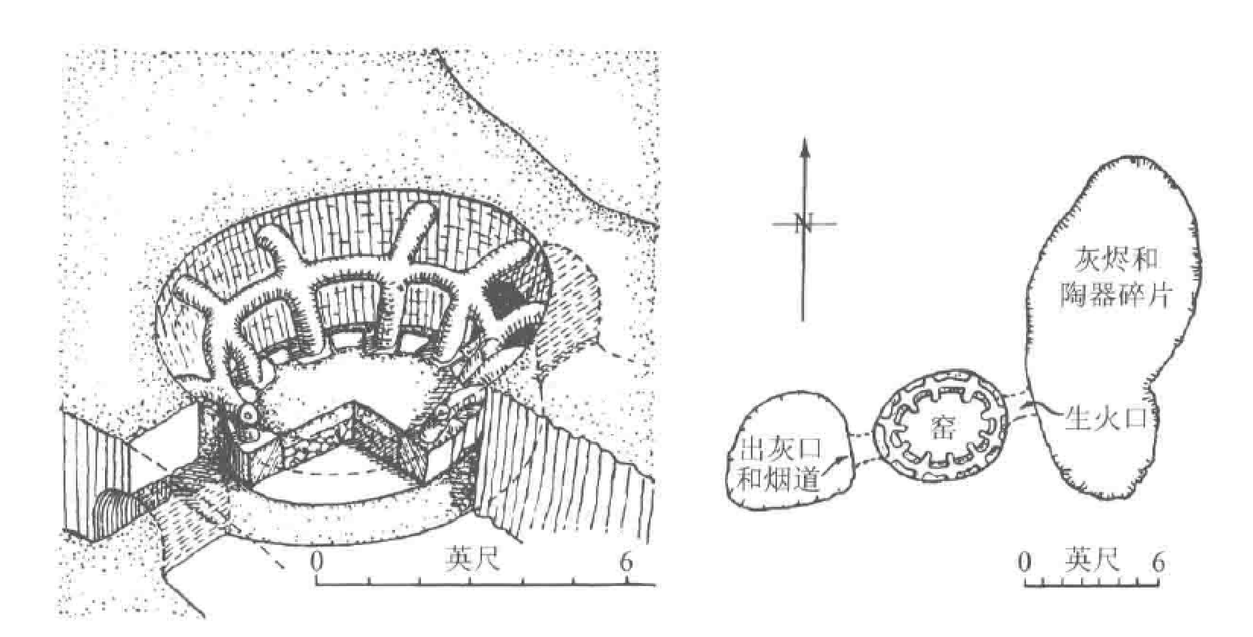


图 285　陶窑的等比例复原和它的遗址平面图。
它显然是竖穴窑和横穴窑相结合的产物，出土于萨里的奇姆。15 世纪。

完成了。

希拉克略的铅釉配方中，由粉末状的未焙烧的和焙烧过的陶土、胶和油混合而成的泥釉涂在焙烧过的陶坯上（也许是为绘制花纹图案），然后覆上一层煮过的用面粉和水调成的浆糊，随即撒上氧化铅，将器皿放入窑内烧制，窑火“既不能太强也不能太弱”。这样烧制后的釉呈黄色。氧化前在铅釉中掺些铜或黄铜屑，就会生成绿色釉。这一时期带有绿斑的橘黄色和黄色釉的陶壶非常普遍，说明中世纪的陶工在烧釉前也在釉的混合物内撒入铜屑。

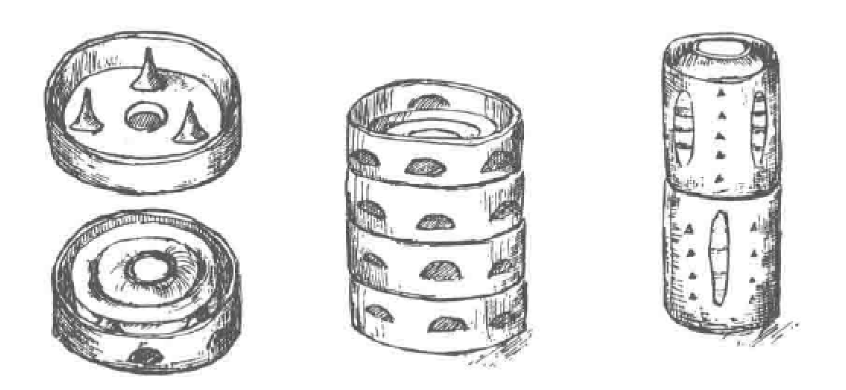


图 286　在陶窑内用于放置盘子（中）和较高器物（右）的匣钵。
左图中可见盘子搁在圆锥形的支撑物上，这是一种非常古老的方法。
皮科尔帕索绘制，约 1550 年。

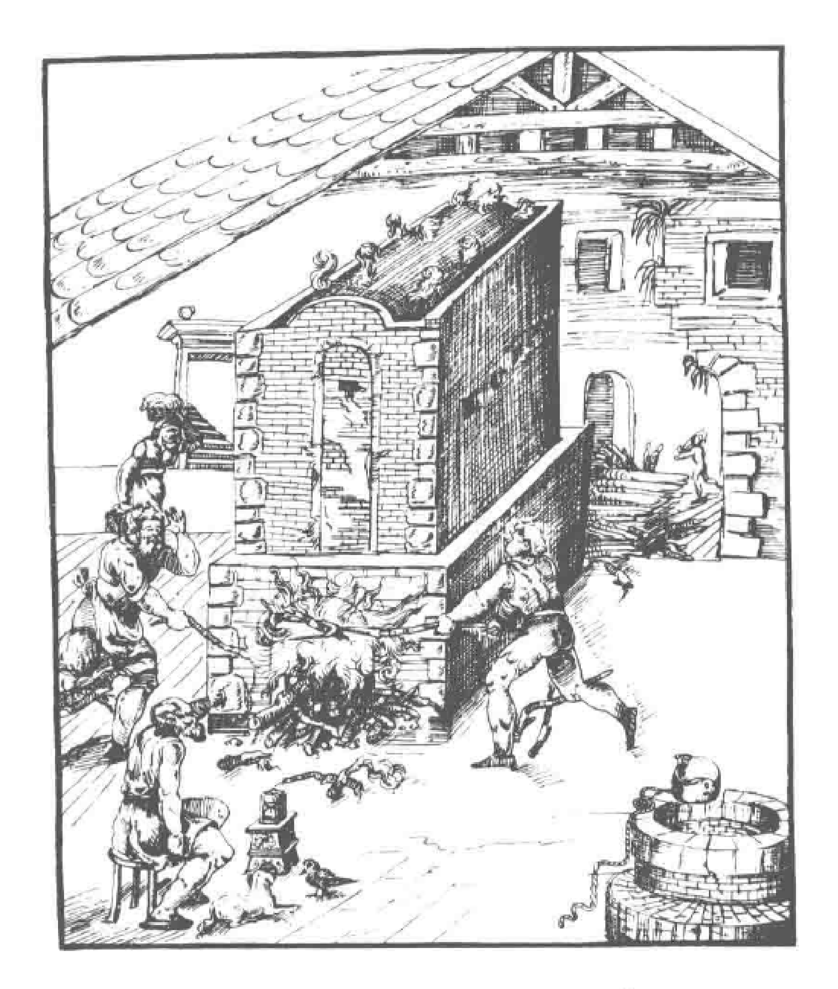


图 287　皮科尔帕索绘制的陶窑图（和图 280 比较）。
陶匠工头用沙漏来掌握陶窑烧制时间。

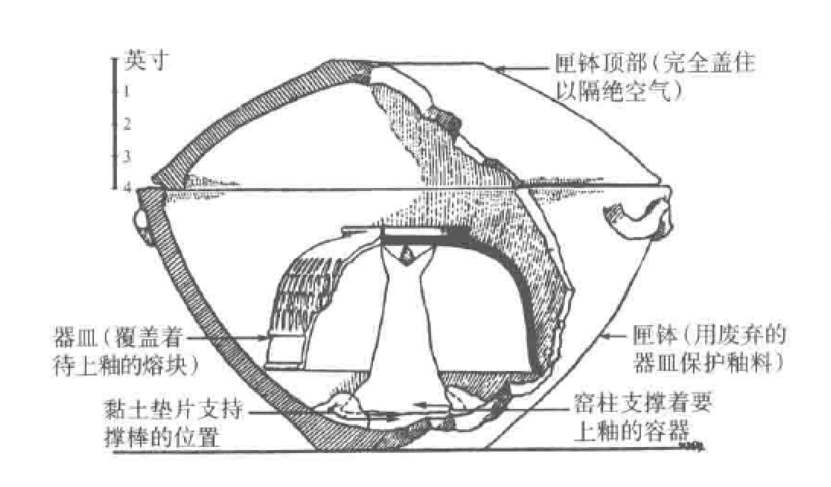


图 288　将器皿倒置于另一个器皿内（形成隔焰窑）。
用尖端分叉的支撑物架住，在焙烧器皿的同时在器表形成一层铅釉。罗马—不列颠时期。出土于登比郡的霍尔特。

将铜掺入铅釉中在罗马时期或更早时已被采用，这会生成绿釉或使近东地区碱性釉生成青绿色釉。自公元前 3 世纪起，含铅的硅酸盐中的红色氧化亚铜悬浮液，在东西方常常被用作金属制品上的红色珐琅。但在中世纪欧洲并没有用这种方法生产红釉，只有现存于慕尼黑地区的一份 15 世纪配方中，曾经提到一种西班牙红宝石光泽的釉，它在意大利辉煌一时却

非常短暂。暗红色釉是由悬浮液中存留的铁锈（氧化铁）生成的，当它在釉内分散时，就使釉色呈黄色或橘黄色，处于还原状态的氧化亚铁或更易熔的硅酸盐会使釉呈暗绿色。至于亚铁状态下的铁，则是生成深浅不同的绿色釉的重要原因。

中世纪北欧生产的陶器的釉色，仅限于氧化铁生成的黄色和橘黄色，以及氧化亚铁和氧化亚铜生成的绿色，最常见的橄榄绿色是铜和不同量的氧化铁共同生成的。将乳浊的彩绘和黏土质地的装饰带装饰在器身上的透明釉下，这在色彩上与陶坯形成强烈对比。由于受到源自伊斯兰传统的影响，10 世纪以后的西班牙南部和地中海东部地区、13 世纪以后的意大利、16 世纪的佛兰德和英格兰地区的陶器，在颜料使用的范围上也逐渐扩大。这些技术包括进一步使用乳浊的氧化铁生成不同的红色釉，并且在混有锑后生成不同的黄色釉。同样的原料所呈现的釉色范围得到了进一步扩展，加入钴呈现深蓝色，加入锰呈现紫红色，加入锑呈现黄色。此外，将锑与铜随意混合就会生成惹人喜爱的浅绿色，更深的青绿色也可以制得。钴蓝虽然在东方使用了几百年，但直到 15 世纪早期才在意大利使用，现存于慕尼黑的一份拉丁语配方中曾提到了它。它被当成不纯的氧化物花绀青（*zaffre*）从黎凡特通过威尼斯进口（*colore damaschino*，Damascus pigment 大马士革颜料），由于很多地区都对这种颜料征收进口税，因此出现了大量走私。



图 289 波斯尼沙布尔的彩绘陶碗。9 世纪。

虽然早期帝国的技师们已经偶尔将氧化锡作为优质悬浮体加入到铅硅酸盐基体中而使玻璃和釉乳浊化，但这种技术自 9 世纪以来最先

302 被美索不达米亚的陶匠广泛使用，当时他们成功地仿制了从中国进口的唐朝乳浊瓷器。仿制品在质地尚之外还有一个极大的优点，在未经烧制的无光泽陶土坯面绘就的画饰烧制时不会走样，直接绘在陶器表面再覆以易熔易流动的铅釉的画饰烧制时则会融化流淌（图版 22A）[1]。这些仿制品促使陶瓷画饰走向新的繁荣，这种繁荣一方面表现在近东特别是波斯地区的显著成就（图 289），另一方面表现在自 14 世纪以来欧洲“马略尔卡”陶器和“代尔夫特”彩绘陶器的大量生产，从中可以发现不少中世纪西方多色陶瓷的杰出代表（图 276，图版 23B）。

东方和西方的制陶业都使用白色乳浊釉的混合物，包括精细研磨成粉状的碳酸钾玻璃、铅和锡的氧化物以及少量的食盐。将经过第一次烧制的器皿浸在这种混合物的悬浮液中，取出晾干，然后在器皿的多孔表面上用画笔绘制彩色图案。在这种吸收性强的表面作画要求落笔要实，同作蛋彩画一样。最后，将绘制完成的陶器放入窑中二次烧制，放在那些要第一次烧制的陶器的上方。有些精美的锡釉陶器还要在表面涂一层铅釉来罩光（*coperta*），这就要求第三次烧制。

伊斯兰绘彩陶器最著名的成就是 12 世纪—13 世纪生产的精美的“七彩”釉陶器。在 1301 年写于当时的蒙古宫廷所在地大不里士地区的一篇文章中提到过这种工艺，作者是卡尚的阿布卡西姆（Abu'l-Qāsim of Kashan），出生于一个波斯陶匠家庭。这种陶器现在被称为米纳衣陶器（*minai*，图 293）。釉上和釉下都绘彩的陶器多于仅表面施釉的素面陶器，有时陶瓷的特点反而被复杂的装饰所掩盖。

泥浆是一种半液体状的细黏土混合物。它广泛应用于陶器成形制作，将器皿各部分在尚软的时候连接起来，特别是用于在器身上固定303 嘴和器柄。它在装饰方面主要有两种用途。首先，由于它是一种可塑性的膏状物，可以反复多次涂刷到陶器上的各个地方，从而产生浮雕

1 撒马尔罕的陶匠们解决了在普通的铅釉下绘画的困难，即将颜料和精细的陶土泥料混合，或者在这种泥釉涂成的覆盖层上绘画。

效果，表现出单色调或暗色，这和器身上常画的白色图案形成对比色调，罗马时期使用的装饰用料浆（边码 268）、曳浆和 17 世纪斯塔福德郡的施釉陶器都是例证。其次，当时还流行用一层稀薄的泥釉混合物（法语称之为 *engobe*，即化妆土，现在这个词已经完全英国化）涂在或浸在器表上，使用普通黏土烧成的陶瓷变得颜色浅淡。这种工艺从 9 世纪起在近东和西方的使用，主要是受到中国瓷器的不断影响。使用这种技术并采用铅釉覆盖的陶器，只能算是质地上差强人意的仿制品，化妆土自身的特性则引起了陶匠的重视。用泥料绘画或者是用白色的图案反衬黑色器表，或者是用棕色或黑色的图案反衬浅色器表，这种装饰方法在中世纪的英国被陶匠广泛使用，也应用在造型装饰中。

泥浆一个最重要的装饰用法是作为五彩拉毛粉饰（*sgraffiato*）[1]（“刻出的”）图案的底色。首先剔掉浸过的泥浆陶衣，露出下面较深的底色，再在上面罩一层透明的铅釉（图 290）。有时色彩绘在刮痕内，但一般倾向于绘在易熔的铅釉中（图版 22A）。这种技术成为伊斯兰和拜占庭最重要的陶瓷风格之一，同时被广泛应用于中世纪时期的西班牙和意大利，在法国和英国也偶尔使用。至于它的起源问题则毋庸置疑，9 世纪波斯人对中国彩斑炻器的最早仿制品上就使用了这种装饰技法。



图 290　萨洛尼卡的五彩拉毛粉饰陶碗。14 世纪。

虹彩绘是指在陶器上装饰一种金属般的光泽。这是伊斯兰陶器，尤其是中世纪西班牙南部陶器的显著特色，它最初可能源自 7 世纪至 8 世纪期间埃及的玻璃画匠，后来被陶器绘画匠采用。大约在 850 年，这种技术从东方

1　这个词首先出现在皮科尔帕索的论文中（1556—1559）。这篇文章提供给我们许多陶匠使用的术语。

304

传到美索不达米亚。10世纪末期，巴格达最出色的陶匠们好像迁徙到法蒂玛王朝统治下的开罗，我们推测这种技术在13世纪被带到西班牙。

虹彩效果的产生是由于使用了银或铜的氧化物。将质地好的赭石混入作为介质，涂在已经施釉的表面上，在还原状态下重新烧制，其温度相当低（大约800℃），在隔焰窑内烧制或者简单地往火内投入成捆的灌木以便产生浓烟。这样金属氧化物被还原成非常细的金属颗粒，产生可以变化的效果，厚的涂层看起来像是镀上了固态铜或银，薄的涂层则使器皿呈现一种彩虹般或金色的光泽。在9世纪的美索不达米亚，这种技术被用于使几种颜色呈现金属光泽效果，但后来仅限于在绿色或棕色类型中使用。14世纪和15世纪，北非、马拉加和巴伦西亚（图版23 A）地区的西班牙—摩尔式（Hispano-Moresque）[1]的器皿在欧洲很珍贵。大约1500年，意大利北部开始生产类似的器皿。在现存于慕尼黑的一份15世纪手稿中，铜和银的虹彩技术都被提到了。

8.12 砖和瓦

实用的砖和瓦 罗马工匠所使用的扁平砖、空心炕砖和半圆形或截面呈S形的屋瓦（图374、图381、图386），在西罗马帝国灭亡后，逐渐在欧洲大部分地区停止生产。有证据表明，仅在意大利北部和拜占庭地区还在继续生产砖。11世纪，砖的使用再次从这些地方或从模仿伊斯兰制砖的西班牙传播到法国南部，13世纪时到达欧洲其他地区，包括英格兰东部地区（边码384起）。从低地国家到波罗的海诸国，这些地区由于缺乏石材，砖成为它们中世纪建筑风格的基础。在中世纪，陶瓦被用于屋顶上，它的使用范围甚至超出了那些流行砖建

1 严格地讲，西班牙—摩尔式陶器包括巴伦西亚、塞维利亚和格拉纳达制造的无虹彩的绘彩陶器；它也用于称呼在16世纪摩尔统治者被驱逐后这种传统的延续。

筑的地区。黏土的可塑性特别适合制作截面为∧形的脊瓦，这种瓦用在房顶上，上面覆盖石板瓦或木瓦。

用于制砖瓦的黏土在整个冬天进行风化，偶尔将它翻动一下，然后捏揉黏土，通常是赤足在黏土上踩。将陶土填入放在台上的木框内压实，这样砖就成形了。台上铺有沙子或碎稻草，防止黏土与台子粘在一起，多余的黏土用木条从上部刮走。这些砖堆至10块砖高度后，放置晾干一个月或更长时间，在砖上盖上稻草或者用棍支撑帆布作顶，也可将砖置于无墙壁的木屋下。砖和瓦都在长方形的陶窑内烧制（图291、图351），这些窑有时是用未烧过的砖垒成，当窑在烧制砖时，这些砌窑的砖也被烧成了。在15世纪的赫尔，一次可以烧1万块砖，这表明砖窑的容量为20'×20'×10'，它可能已经被分割成几个窑了。

305

这样制成的砖很耐用也很便宜。14—15世纪，赫尔市制砖工场每年生产大约10万块砖。这大约需要烧10窑，每次大约烧5天时间，用干燥的泥炭作燃料。开采和配制黏土、砖的成形、装窑和出窑以及烧成等全部环节，只需三四个非熟练工人就能完成。

镶嵌砖和印花铺地砖　1200年左右，镶嵌砖开始在法国北部生

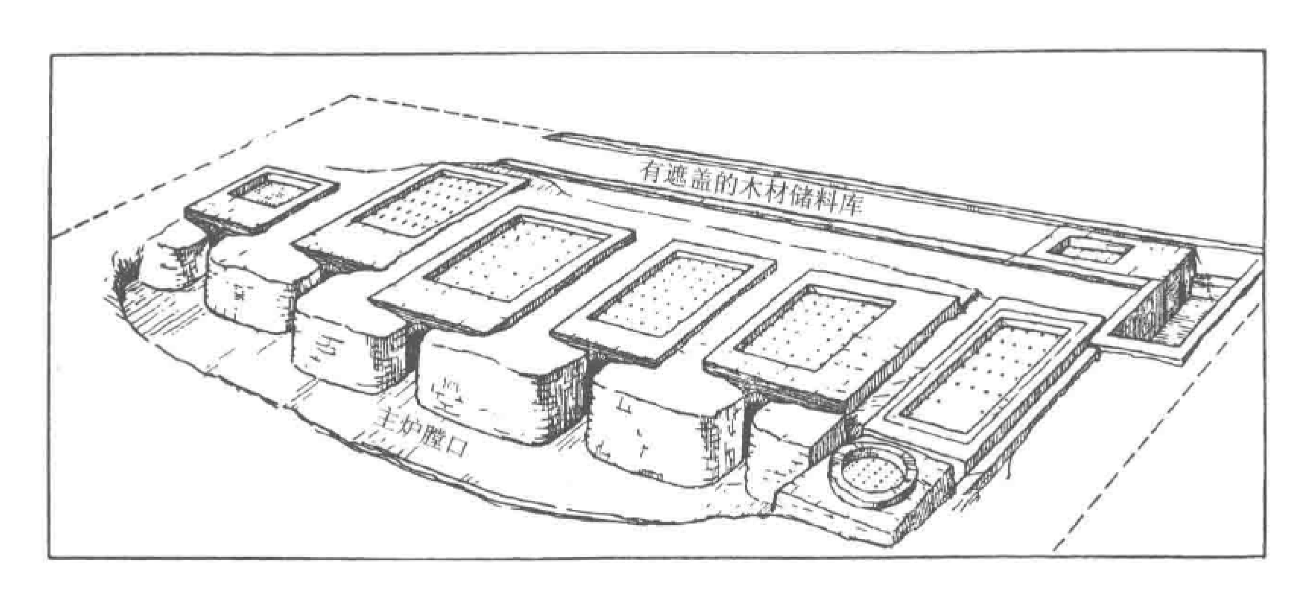


图291　登比郡的霍尔特的一个罗马—不列颠时期砖瓦和陶器联合工场的窑址的等比例平面图。圆形的陶窑（前右）生产陶器。2世纪。

产，替代原先地面装饰使用的石板。这一工艺随后传播到低地国家和英国，那里至今还能看到保存完好的这种瓷砖。一些最早用砖铺成的路面用互相交错的几何形素面砖拼制而成，在索尔兹伯里附近的克拉伦登王宫（1234—1236）和威斯敏斯特大教堂的牧师会礼堂（1253—1259）中的路面则用带有图案的方形砖铺成。制作这些白色方砖图案时，先将白黏土填入砖上事先切割好的沟槽内，或在柔软的黏土上将白黏土戳印进去，再在砖表面涂上一层透明的铅釉烧制而成。在萨里的彻特里大教堂（约1270年）和伯明翰附近的黑尔斯欧文隐修院（约1290年）的建造上，这种白色镶嵌技术达到顶峰。在这些地方，浪漫场景得到了充满活力和优雅的表现。

镶嵌砖继续使用了几百年。大约1350年，奇尔特恩砖厂发明了一种更廉价的印制图案的方法。他们将木制的花纹印模涂上一层白浆，然后在砖上印制图案，这种印模相当近似于涂墨的木刻印版。这种方法使制砖工人很像是在进行使用活字的木版印刷。由于打滑或者污损，产品往往质量不高，这种印花技术从没有完全替代镶嵌技术。地砖制造业的发展似乎有些独立于制陶业，然而那些装饰性的房顶尖顶饰和烟囱帽，明显是由陶匠制成的（图292）。

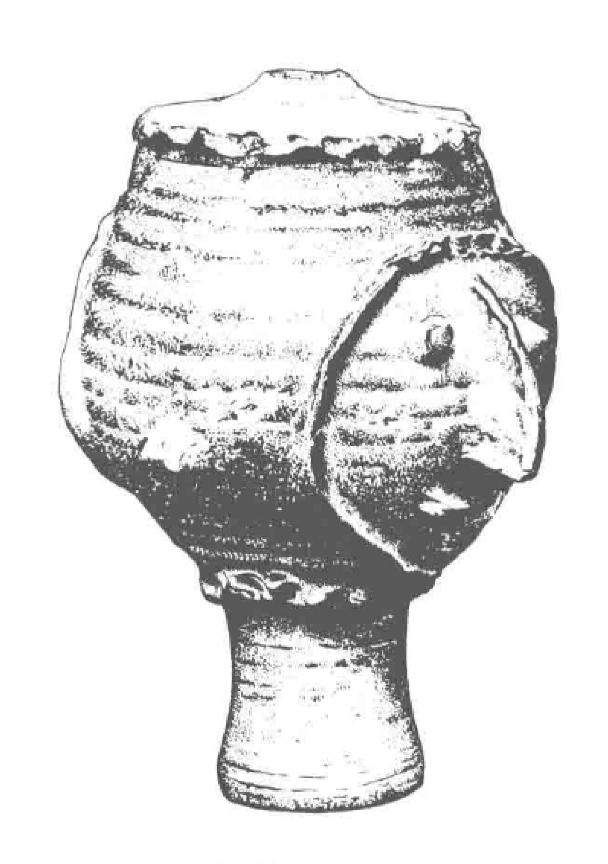


图292 房顶的尖顶饰。
陶坯为深红色，部分覆有绿釉。出土于诺丁汉。
13世纪晚期至14世纪。

在西方，画像砖是1150年前后在阿尔萨斯发明的。随后，这项技术传播到瑞士和莱茵兰地区，接下来又传至英国。这种砖在措芬根附近圣乌尔班修道院的工厂内大量生产，在阿尔高和瑞

士的其他地方也有生产，它们是用软石、陶或木质的印模制成的。和伊斯兰地区一样（图 293），它们通常被作为墙壁的装饰，其磨损要比装饰在地面上少得多。从 15 世纪起，德国、瑞士、荷兰和斯堪的纳维亚诸国的房屋内通常使用大壁炉加热房间。这种壁炉用涂釉的砖砌成，砖上有浮雕装饰，很深的凹陷增加了砖的热辐射表面，作用近似于黑体辐射。在东方，祈祷用的陶瓷壁龛（*mihrāb*）和取饮料的装饰性的炕桌也使用这种画像砖，有时会用施釉的土器建造一个大型蓄酒池（图版 37B），英国的一个这种酒池还带有亨利七世（Henry Ⅶ）的徽章。

装饰性砖的东方传统　在埃及、巴比伦和波斯的古代王国中，已经使用釉砖装饰墙面。波斯萨珊王朝时期（221—641）使用印花的粉饰灰泥，伊斯兰早期开始将带釉的陶砖嵌入粉饰灰泥的花纹上作装饰。通常这些方面的技术随着陶工技术的发展而发展，但在装饰砖上的模制或刻画的浮雕装饰却有很高的地位。这些砖被制成六边形、相互连接的星星图案和正方形。浮雕图案和生动的七彩釉装饰结合而成的米纳衣技术（边码 302），可以看作是伊斯兰陶瓷最辉煌的成就之一（图 293），对当时的建筑艺术产生了特有的深远影响。15 世

307

纪，这种建筑风格在波斯达到顶峰，代表建筑有撒马尔罕的帖木儿（Tamerlane）王陵（1404 年）和大不里士的蓝色清真寺（1465 年）等。

在许多伊斯兰风格的砖上有嵌板切割的痕迹，它对于防止不同颜色的浓釉在毗邻的区间混融是必要的。到 11 世纪，伊斯兰的砖画匠使用掺有油脂的紫色颜料画出的线来隔开不同的色釉，这种掺入的油脂加热时会消失。



图 293　使用米纳衣绘彩技术的画像砖，波斯。14 世纪。

这项技术在穆斯林时期的西班牙使用，并使创造出 16 世纪波斯最优美的砖画成为可能。

东方装饰砖制作技术对欧洲的影响，可以与它在制陶技术方面的影响相媲美。由于这样的因素，西班牙制造出一系列精美的有异国情调的装饰砖，15 世纪意大利生产的涂有锡釉的砖上绘有阿拉伯和文艺复兴时期风格的图案，同样也为 16—17 世纪佛兰德、荷兰、法国和英国精美的砖画风格提供了灵感的源泉。显然，欧洲这些绘画的锡釉砖的源头仍要追溯到东方。

中世纪的结束并不标志着陶瓷技术方面有任何特别重要的变化，一些制陶传统几乎原封不动地保留到今天。另一方面，技术先进的炻器在莱茵兰和荷兰的林堡一直生产至 14 世纪，它们代表的是本土的制陶传统，其根基已经延续了将近 500 年。甚至到 14 世纪，欧洲制陶业还使用盐釉。伊斯兰世界为模仿珍贵的中国早期瓷器上的白色半透明釉而研制出的锡釉，14 世纪已经在意大利开始应用，16 世纪扩展到整个西欧。直到 1709 年，在德累斯顿附近的迈森重新掌握了中国半透明瓷制造的全部秘密，欧洲的陶瓷工业才开始进入一个崭新的时代。1752 年，都柏林首先使用煤做燃料，并相应地改进了陶窑结构设计，以便更容易获得制造瓷器所需要的较高的窑温和无烟气氛，保持瓷器的白度。在此期间，中国瓷随着茶叶大量地进入欧洲，并被随意地仿制。

文艺复兴运动对陶瓷的影响，要远远小于它在其他艺术领域的影响力。自 13 世纪起，来自东方的陶瓷珍品的冲击，使它在这一领域黯然失色。直到 18 世纪，古希腊和意大利陶器艺术才重新吸引了陶匠的目光，生产出韦奇伍德陶器等著名陶器。

参考书目

Comparatively little has been written on the technology of medieval pottery, either European or oriental. The reports of such work as has been done are scattered through the periodical literature, often appended to the accounts of excavations. The more important, many of which contain further references, are listed below.

Bradford, J. S. P. "The Apulia Expedition: an Interim Report." *Antiquity*, **24**, 91–94, 1950.

British Museum. 'A Guide to the Islamic Pottery of the Near East' by R. L. Hobson. Department of Oriental Antiquities and Ethnography, British Museum, London. 1932.

Brooks, F. W. "A Medieval Brickyard at Hull." *J. Brit. Archaeol. Assoc.*, third series, **4**, 151–74, 1939.

Brown, G. B. 'The Arts in Early England' , Vol. 4, pp. 489–508. Murray, London. 1915.

Charleston, R. J. 'Roman Pottery.' Faber and Faber, London. 1955.

Christie, A. H. "Islamic Minor Arts and their Influence upon European Work" in 'The Legacy of Islam' (ed. by Sir Thomas [Walker]Arnold and A. Guillaume), chap. **4**. Clarendon Press, Oxford. 1931.

Dunning, G. C. "Polychrome Jugs Found in England and Scotland." *Archaeologia*, **83**, 126–38, 1933.

Idem. "Medieval Pottery" in Kathleen M. Kenyon. 'The Jewry Wall Site, Leicester' , pp. 222–48. Res. Rep. Soc. Antiq., no. 15. 1948.

Idem. "Medieval Pottery Kilns." *Archaeol. News Letter*,1, xi, 8, 1949.

Idem. "Trade Relations between England and the Continent in the Anglo-Saxon Perio." in 'Dark Age Britain. Essays presented to E. T. Leeds' (ed. by D. B. Harden), chap. **13**, pp. 219–33. Methuen, London. 1956.

Engel, F. von. "Die mittelalterlichen Töpferöfen von Dümmer und Granzin." *Hammaburg*,**3**, 79–81, 1952.

Frothingham, Alice, W. 'Lustreware of Spain.' Hispanic Notes and Monographs, Peninsular Series, Hispanic Society of America, New York. 1951.

Ganzenmüller, W. "Über die chemische Zusammensetzung mittelalterlicher Ziegelglasuren." *Angew. Chem.*,**50**, 260–3, 1937.

Garner, F. H. 'English Delft Ware.' Faber and Faber, London. 1948.

Garner, Sir Harry (Mason). 'Early Chinese Blue and White.' Faber and Faber, London. 1955.

Gray, B. 'Early Chinese Pottery and Porcelain.' Faber and Faber, London. 1953.

Grimes, W. F. "Holt, Denbighshire: The Works" Depôt of the Twentieth Legion at Castle Lyons. " Cymmroder," **41**, 1–235, 1930.

Haberly, L. 'Medieval Paving-tiles.' Blackwell, Oxford. 1937.

Honey, W. B. 'European Ceramic Art' (2 vols). Faber and Faber, London. 1949–52.

Jope, E. M. "A Later Medieval Pottery Kiln at Potterspury, Northants." *Archaeol. News Letter*,**2**, x, 156–7, 1950.

Idem. "Medieval Pottery Kilns at Brill, Buckinghamshire." *Rec. Bucks.*,**16**, i, 39–42, 1953–4.

Idem, "Medieval Pottery in Berkshire." *Berks. Archaeol. J.*,**50**, 49–76, 1947.

Idem. "Regional Character in West Country Pottery." *Trans. Bristol Archaeol. Soc.*,**53**, 61–76, 89–97, 1952.

Jope, E. M. and Hodges, H. W. M. "Medieval Pottery and Kiln Evidence from Carlisle." *Trans. Cumberland Antiq. Soc.*,**53**, 1955 (forthcoming).

Koetschau, K. 'Rheinisches Steinzeug.' Wolf, Munich. 1924.

Lane, A. "Medieval Finds at Al Mina in North Syria." *Archaeologia*,**87**, 19–78, 1938.

Idem. 'Early Islamic Pottery. Mesopotamia, Egypt and Persia.' Faber and Faber, London. 1947.

Leach, B. 'A Potter' s Book' (2nd ed.). Faber and Faber, London. 1945.

Leeds, E. T. "A Saxon Village at Sutton Courtenay, Berkshire." *Archaeologia*,**92**, 79–93, 1947.

London Museum. 'Medieval Catalogue' by J. B. Ward Perkins, pp. 229–53. London Museum Catalogues,

no. 7. 1940.

Lung, W. "Die Töpferöfen von Paffrath." *Bonn, Jb.*,**155**, 1955 (forthcoming).

Marshall, C. J. "A Medieval Pottery Kiln discovered at Cheam." *Surrey Archaeol. Coll.*,**35**, 79–97, 1926.

Matson, F. R. in Toll, N. 'The Green Glazed Pottery.' Excavations at Dura-Europos. Final Report 4 (ed. by M. I. Rostovtzeff*et al.*), Part 1, fasc. 1, pp. 81–95. Yale University Press, New Haven; Oxford University Press, London. 1943.

Morgan, C. H. 'Corinth: Results of Excavations conducted by the American School of Classical Studies at Athens' , Vol. 11: 'The Byzantine Pottery.' Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1942.

Myres, J. N. L. "Some Anglo-Saxon Potters." *Antiquity*,**11**, 389–99, 1937.

Piccolpasso, Cipriano. 'The Three Books of the Potter' s Art.' [Facs. ed. of the Italian manuscript] with trans. and introd. by B. Rackham and A. van de Put. Victoria and Albert Museum, London. 1934.

Rackham, B. 'Medieval English Pottery.' Faber and Faber, London. 1948.

Idem. 'Early Staffordshire Pottery.' Faber and Faber, London. 1952.

Idem. 'Italian Majolica.' Faber and Faber, London. 1952.

Rice, D. Talbot. 'Byzantine Glazed Pottery.' Clarendon Press, Oxford. 1930.

Idem. "Persia and Byzantium" in 'The Legacy of Persia' (ed. by A. J. Arberry), chap. 2. Clarendon Press, Oxford. 1923.

Idem. 'Byzantine Art' (2nd rev. ed.). Pelican Books, no. A 287. Penguin Books, Harmondsworth. 1954.

Ritter, H., Ruska, J.,*et al.* 'Orientalische Steinbücher und persische Fayencetechnik.' Istanbuler Mitt., hft. 3. Istanbul. 1935.

Salzman, L. F. 'English Industries of the Middle Ages' (2nd enl. ed.), chap. 8. Clarendon Press, Oxford. 1923.

Idem. 'Building in England' , chap. 8. Clarendon Press, Oxford. 1952.

Savage, G. 'Porcelain.' Pelican Books, no. A 298. Penguin Books, Harmondsworth. 1954.

Selling, D. 'Wikingerzeitliche und frühmittelalterliche Keramik in Schweden.' Petersson, Stockholm. 1955.

Stevenson, R. B. K. "The Pottery" in 'The Freat Palace of the Byzantine Emperors' (ed. by G. Brett, W. J. Macaulay, and R. B. K. Stevenson), chap. 2, and p. 289. Oxford University Press, London. 1947.*Idem.* 'Medieval Lead-glazed Pottery: Links between East and West.' Cah. Archéol. 7, 89–94, 1954.

Trend, J. B. "Spain and Portuga." in 'The Legacy of Islam' (ed. by Sir Thomas [Walker] Arnold and A. Guillaume), chap. 1. Clarendon Press, Oxford. 1931.

Victoria and Albert Museum. 'Guide to the Collection of Tiles in the Victoria and Albert Museum' by A. Lane. H. M. Stationery Office, London. 1939.



产于萨里的奇姆的一套从大到小的水壶。
最大的高约 12 英寸。15 世纪。

第9章 玻璃和釉

D. B. 哈登(D. B. HARDEN)

9.1 玻璃、釉和玻砂的起源

311

我们的研究对象必须包括釉和玻璃，尽管前者在第8章中已经论述过。釉是用一种玻璃状物质覆盖在另一种材料制得的坯芯表面形成的一层表面膜。古代人主要使用三种坯芯材料：一是石头，特别是石英和滑石(皂石)；二是石英粉，可以制得埃及学家所熟知的那种釉陶或费昂斯(faience)[1](图版24A)；三是黏土。在使用时，玻璃状的釉料通常先磨成粉，蘸上水后就地烧制。用类似方法把玻璃状釉料涂布在金属制品表面就制出了搪瓷，这种技术将在下文中讨论(边码458—468)。

玻璃物体或器皿是这样制成的：趁玻璃尚处于又热又黏的熔融状态时，模铸或吹制成型，或者待玻璃冷却成固体时研磨成型。这样得到的产品只含有玻璃而没有其他的底料，尽管在制造中可能使用了其他材料制成的坯芯或模具，但用过之后它们都会被移走。

早在大约公元前4000年甚至更早，已经出现给小件物品施釉的工艺。大约公元前2500年，在埃及和美索不达米亚，据信已经开始制作纯由玻璃组成的物品。大约1000年以后，人们制出了第一件玻

1 这个术语很大程度上是指那些装饰漂亮的带釉或搪瓷釉的器物，像法恩扎（Faenza，“费昂斯”名字也许与此有关）出土的马略尔卡器物，这些古董上面的釉状石英粉粘得很牢，难以去除。

璃容器。玻璃始终是技术和实验科学发展中最重要的材料之一，即使在现在也很难被塑料所取代，甚至不管在任何情况下都不会被代替。玻璃制作技术是一项伟大的成就，从早期埃及人那里逐渐发展起来，当时已经受到罗马时期的影响。在随后的很长时间内，这项技术并没有太大的进展，直到近代科学崛起，对具有特殊用途的光学玻璃和耐蚀玻璃有了需求，玻璃制造才有了长足进步。

玻璃的性质 玻璃是一种坚硬的非晶态材料，一般是透明的，由碱金属（或碱金属盐）、氧化钙和砂子（或燧石）混合熔融而成，是碱金属（钠或钾）的硅酸盐和碱土（实际上大部分是氧化钙，也含有少量的氧化铝、氧化镁，见表9-1）的混合物。如果这里的氧化钙是从白云质的石灰岩中提取出来的，那也会含有镁，在碱土中偶尔也会含有氧化钡。在我们论述的这段时期，含铜的硅酸盐玻璃没有很大发展。这种熔融的混合物缓慢冷却时，会逐渐变得黏稠，直到凝固成坚硬的固体，如果原料足够纯净，就能形成透明的玻璃。要是冷却得太快，硅酸盐就容易结晶，变得不透明且易碎，也就不再是玻璃了。因此，缓慢冷却或退火的工序，通常在一个特别的炉子中进行，这是有效制作玻璃至关重要的一步。为取得好的效果，坩埚中的原料也需要缓慢地加热，就像它需要慢慢冷却一样。玻璃没有准确的、固定的熔点，钠玻璃会随着加热逐渐软化，当温度升到1000℃时就会变得像液体一样（用普通的炭火加热即可）。钾玻璃较易熔融，大多在中世纪的西方国家生产。废玻璃材料的混合物又称为碎玻璃，通常加在玻璃原料中助熔，以避免浪费。

19世纪中叶以前，玻璃生产包括两个步骤，先是烧结原料，然后才是熔化。第一个步骤在独立的炉子或熔炉的低温部分完成，其间需要不时地翻扒物料，使其表面与火焰充分接触。烧结过程是初步的反应，消除了一些气体产物，有助于接下来的熔化过程，不过当时采用的温度要比现在低。埃及第十八王朝（公元前1500—前1300）

时期，熔炉温度还达不到1100℃，不足以清除玻璃中的气泡。因此，早期的玻璃多为乳白色或不透明的。如果玻璃保存时间过久，或在高温加热后急速冷却，其中一些成分就会结晶。由于此时的玻璃失去透明性或半透明性，人们通常把这种过程称为反玻璃化。如果遇到震动或进一步加热，反玻璃化的玻璃很容易变成碎片。

古代制作的玻璃主要是钠钙的硅酸盐混合物，少量的金属氧化物可以使玻璃产生不同颜色，具体情况如下。蓝色：浅蓝色主要是由氧化铜（CuO）中的铜生成的，有时也用铁，作用也很明显；深蓝色也是由铜（CuO）生成的，但在近东地区从埃及第十八王朝开始用氧化钴（CoO）着色（表9-1），虽然西方国家至今未在出土的玻璃中测到过钴。绿色：较深的瓶绿色是由二价铁（FeO）形成，但是埃及玻璃的更深的绿色主要归因于铜（CuO）。透明的琥珀色缘于三价铁离子（Fe_2O_3）。紫水晶色或者紫色则是二氧化锰（MnO_2）作用的结果。暗红色（火漆红）是由于氧化亚铜（Cu_2O）悬布在玻璃的结构中，高铅含量（表9-1第**3**栏）表明它和凯尔特人、古罗马和中世纪的金属制品中的红瓷漆系出同源。偶见于埃及第十八王朝之后的乳白色玻璃，可能是二氧化锡（SnO_2）的存在所致，有时也可能是因为那些保留在玻璃中的微小气泡。暗黄色玻璃通常含有锑的化合物（Sb_4O_6）。埃及人的黑玻璃中含有大量的铁，或混有铜和锰。

314

大多数砂子含有的氧化铁，足以制成灰绿色或者褐色的玻璃。这种颜色能够通过加入二氧化锰（软锰矿，就是所谓的“玻璃匠的肥皂”）来去除，二氧化锰将铁氧化并用它自己的淡紫色去中和玻璃中的黄色。然而，古代玻璃中是否人为添加了锰值得怀疑，因为制造无色玻璃的天然含锰的砂子可以凭借经验找到。许多出色的无色玻璃文物，特别是亚历山大城的水晶玻璃，也许就是通过仔细挑选不含铁的银色砂子制成，这至少得到了一项分析的支持[1]。

1 非常感谢特纳（W. E. S. Turner）教授和约普（E. M. Jope）先生，同时感谢主编们，他们对于本文的技术和化学问题都提供了大力的帮助。

表 9-1 玻璃成分分析表

	埃及第十八王朝，公元前 1400 年，蓝色	亚述，公元前 8—前 6 世纪		科隆—罗马时期		科隆，5 世纪，发绿的黄色	瑞典中部，约 700 年蓝色	比尔卡，瑞典		玻璃工场，特雷夫斯附近的科德尔 9—10 世纪，绿色	在埃及发现德阿拉伯玻璃镇纸，8 世纪	德比郡的窗玻璃，14 世纪
		接近无色	火漆红[1]	公元 1 世纪带蓝色的	公元 4 世纪发绿的黄色			9—10 世纪，绿色	9—10 世纪，无色			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO_2	64.06	71.54	39.50	68.94	68.1	66.35	未确定	未确定	未确定	未确定	71.4	54.01
P_2O_2	0.21	0.11	..	..	..	..	未确定	..	..	..	..	..
Na_2O_2	15.47	12.7	9.71	18.8	18.61	21.47	16.3	16.8	22.1	8.1	16.98	1.7
K_2O	1.25	0.88	1.91	0.15	0.95	0.65	0.91	1.0	1.67	11.5	0.27	13.20
CaO	8.56	4.82	4.4 4.35	6.69	6.87	6.52	5.8	1.5	4.0	23.8	2.74	17.37
Al_2O_3	3.51	0.48	伴有 Fe_2O_3	3.9	2.31	2.80	2.0	7.3	4.8	1.9	4.75	2.41
MgO	2.73	3.07	..	1.18	0.84	1.25	0.5	0.7	0.6	3.7	0.81	5.33
Fe_2O_3/FeO	1.71	0.91	见 Al_2O_3	0.66	0.63	0.45	0.4	1.34	0.6	有	2.02	0.81
MnO	0.16	0.02	..	痕量	1.52	1.03	0.05	0.03	0.017	1.26	0.3	1.03
CuO	0.005	..	..	..	..	..						
Cu_2O	..	..	13.58	..	..	..	..	..	..	..	..	..
CoO	0.55	..	..	..	..	..	..	..	..	..		
PbO	0.01	..	22.80	..	..	..	0.15	..	0.05	痕量	..	..
Sb_4O_6	0.05	0.25	4.07	..	..	..	..	..	..	..	..	..
SnO_2	0.02	..	0.32	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Tio_2	0.08	0.19	..	..	..	..	痕量	痕量	痕量	痕量	..	..
SO_3	0.16	0.99	..	..	0.60	..	..	..	..	..	0.12	..
CI	1.17	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
失去水分（$=H_20$）	0.27	4.58	..	..	..	..	..	..	..	..	0.28	0.21

①：分析结果表明，亚述火漆红的成分与用于金属制品的红瓷漆成分非常接近，那种红瓷漆自铁器时代以来在欧洲不同地区均使用过。

分析来源

[1] Geilmann, W. *et al. Glastech. Ber.*, **28**, 146—156,1955.
[2] Turner, W. E. S. *J. Soc. Glass Tech.*, **38**, 445—456,1954.
[3] *Idem.*（Analysis by Brit. Mus. Lab.）, *Ibid.*
[4,5,6] Neumann, B. and Kotyga, G. *Z. angew. Chem.*, **38**, 776—780, 857—864,1925.
[7,8,9,10] Arbman, H. 'Schweden und das karolingische Reich', p.252. Stockholm, 1937.
[11] Matson, F. R. *Glass Ind.*, **30**, 548, 1949.
[12] Heaton, N. *J. R. Soc. Arts*, **55**, 468-484, 1907.

古代玻璃制造的证据 关于古人如何制作玻璃我们知道得太少了，也不了解他们在不同的时期和地方生产什么样的玻璃[1]。对于众多匠心独运的古代玻璃制作工艺，我们如坠五里云雾，最好还是从已收集到的证据本身着手探讨。首先是物品本身。对某些时期和国家来说，这是非常充足的，例如埃及第十八王朝的玻璃，公元前 6 世纪以前地中海的玻璃，以及在帝国旧址各地都有发现的罗马帝国时代的玻璃。但是，对于其他时期和其他区域来说，现在却仅有很少的几块，并且通常还不能确定是本土的还是外来的。所以，单就这些物品本身还无法确定产地、生产规模和流通范围。

其次是古代的文献和原始资料。这些文献主要是希腊文和拉丁文的，古代的犹太人文献（包括《旧约》）和其他文字的文本也有玻璃制造方面的只言片语，不过通常是凌乱的、不经意提到的。后来有了一些更深入的非常重要的古代证据，在公元前第二个千年和公元前第一个千年的美索不达米亚的楔形文字中，出现了类似于配方和化学方面的内容。后者的出现令人惊讶，因为从埃及传到希腊的大量古文献中，几乎找不到釉和玻璃制作方面的任何资料，但当时的玻璃制作已经是那个国家的主要工业之一。

315

另外还有的是中世纪和文艺复兴早期的作者对古代玻璃制作的描述，例如 10 世纪末的特奥菲卢斯（Theophilus）和“希拉克略”（Heraclius，边码 351），以及 16 世纪的阿格里科拉（Agricola），都描述了他们那个时期的玻璃制作方式。他们的作品表明，在这个最守旧的工业领域中，玻璃制作配方和技术工艺可以历经几个世纪不变。例如，我们能够认出，特奥菲卢斯的一些配方是直接从近 2000 年前的美索不达米亚祖先那里继承下来的[1]。

施釉 现在知道最早的釉是在上埃及地区拜达里的滑石珠上的釉

1 关于古代玻璃和玻璃制作的唯一的主要常规数据是来自基萨（A. Kisa）所著的 *Das Glas Im Alterume*（莱比锡，1908 年）。其中包含有大量的参数值，但是需要用更新的现代研究的结果来修正。

层。这种发明产生于何时何地不得而知，有可能是一块孔雀石磨石在加热时碰巧遇上一些碱性物质，结果生成了釉层。这种方法一旦发明成功并涂敷到石材和二氧化硅上，碱性釉就变得非常普通，并且在埃及历史各个时期上经常出现[2]。

石英施釉就像石材施釉一样，似乎公元前2000年以后就从埃及消失了，但是用于克尔壶(Kohl-pots，图版24B)上的宝石施釉和滑石施釉，在整个埃及王朝时期从未中止，埃及费昂斯的生产一直持续到拜占庭时期或者更晚。在埃及，费昂斯用于各种各样的小物件和珠宝的装饰，例如容器(图版24A)、小雕像和护身符，也会将它嵌入大件的物品中，例如棺材和家具、房子和庙宇的墙壁。虽然釉有好几种不同的颜色和纹理，材料却是大体相同[3]。

通常釉的颜色是深蓝色或绿色，不过其他颜色有时也会被使用，特别是在埃及第十八王朝时期。一组从埃尔阿马纳出土的施釉器件可能含有8到9种不同的主色，还不包括每种颜色的深浅差异。其中，最普通的绿釉会在不同时期出现深浅不同的色彩，甚至有最淡的绿色。

卢卡斯(Lucas)[3]分析了一些埃及费昂斯母体的典型样品。其中含有大约95%的二氧化硅，余下部分或多或少地由矾土、氧化铁、氧化钙和氧化镁组成。他只对一件出自法尤姆的深蓝色罗马釉发表了分析结果，含有75.5%的二氧化硅、10.7%的氧化钾、5.6%的氧化钠、3.8%的氧化钙、1.8%的铜氧化物(作为着色物质)，还有少量铝、铁锰和镁的氧化物。这种釉的成分与古代玻璃非常接近，只是氧化钙含量略低，二氧化硅含量略高。

由于埃及已有施釉的工艺不仅用在石头上，而且也用在石英砂基底上，使得这种技术在埃及王朝之前就已经为人所知，并且是在埃及受到亚洲的影响之前，所以它似乎是在埃及发明的，至少是在非洲发明的。在美索不达米亚，最早的釉出现在大约公元前3000年的杰姆戴特时期，我们有理由推测它们要么是独立的发明，要么就是在非常

早的时期从埃及传播而来。这种碱性釉在美索不达米亚及其邻近地区很著名，公元前第三个千年早期也曾在印度和克里特出现过，只是它在那里并不常见，也不像在埃及那样有多种多样的用途。在这些地方，碱性釉普遍用于珠子、印石和尺寸有限的小件护身符、小雕像，没有非常大量地用于器皿和镶嵌工艺。

也许在美索不达米亚，也许还在亚洲其他一些地方，铅釉这种不同的施釉方法相当早就发展起来，用于器皿和尺寸较大的物件。与埃及的碱性釉不同，这种铅釉主要用于陶基物件[1]。在土耳其的阿特沙奈[4]，已经发现公元前17世纪的铅釉，恰好与铅釉最早的配方在时间上吻合（见下文）。铅釉外观的玻璃状更明显，也更富有光泽，通常比较早的碱性釉厚。它容易剥落，和陶基也结合得不紧密（图版24C）。如果它不在美索不达米亚的陶器上使用，古王国以后的埃及就更少在粗陶器上使用了。正是因为以上的原因，也许还因为许多碱性施釉法的竞争，铅釉陶器在进入阿拉伯时期以前没能在埃及生根，尽管人们发现埃及第二十二王朝以来有一些施过铅釉的釉陶[5]。

对于美索不达米亚的铅釉，我们有一份从底格里斯河畔的泰勒乌玛（塞琉西亚，Seleucia）出土的公元前17世纪楔形文字泥板上的古代配方[6]。它也许可以用现代文字诠释如下：

	份
玻璃	243.0
铅	40.1
铜	58.1
硝	3.1
石灰	5.0

1 现代铅釉的成分为氧化铅和二氧化硅（燧石），比例为4∶1，磨碎并且加水混合成糊状。加入合适的颜料。没有施釉煅烧的陶器表面会很快干燥，而施釉后就需要二次煅烧。

这块泥板还描述了黏土基底的制备情况，根据这些配方已有可能试制施釉陶器了[7]。

317

更薄也更具有黏性的其他不同类型的铅釉，在黎凡特的希腊化时期后期发展起来，在塔尔苏斯和其他地方仍保留着当时的作坊遗迹[8]。这种方法很快就传播到地中海和欧洲的其他地方，特别是圣雷米（法国阿列）。在整个罗马帝国时代，甚至进入拜占庭时期后，这些工场生产了虽不普及但品质优良的釉陶器皿（图版24G）、家具和灯具，釉面颜色主要是黄色、棕色和绿色。大多数施釉器件看上去很现代，如此特点常常帮助这些稀世珍品幸免于盗墓贼的偷盗[9]。让人惊奇的是，这么有用的器件居然没有被广泛使用。

玻砂（frit）[1]　考古学家对玻砂这种物质有不同的称谓，常常把它的成分同玻璃或釉陶混淆起来。玻砂不呈玻璃状，尽管它由玻璃或类似玻璃的原料制成，用它处理的物件有那种易融粉末的晦暗外表。它几乎没有引起过技术史学家（historians of technology）的注意，因而本章还是进行简要介绍。

玻砂从埃及第十八王朝开始变得常见起来，同时出现在美索不达米亚、叙利亚和克里特，主要用于一些小件物品，例如护身符、印章等。但在埃及，偶尔也把粉末状的蓝玻砂当成颜料加入细黏土中，制作蓝色或者绿色陶质器皿（图版24F）。这些器皿只有在685℃以下煅烧才能保持蓝色，超过这个温度时，由于蓝色晶体结构的玻璃化，它就会变成绿色。看来，玻砂在器皿上的使用没能持续到公元前的第二个千年，但它在护身符特别是在印章方面的应用还是很流行，持续存在的年代也长得多。用玻砂合成的甲虫型宝石、圣甲虫宝石和锥状物，曾经是公元前第一个千年中叶地中海地区最常见的印章—护身物。

1　玻砂（frit）这个专用名词现在通常是指玻璃生产的原料、经过初次熔化的熔融玻璃，以及用于陶器施釉的研磨好的玻璃料。

玻砂物件通体仅呈一种颜色，通常表面光滑。对一件埃及第十九王朝的蓝玻砂样品进行分析，二氧化硅占57.2%，氧化铜占18.5%，氧化钙占13.8%，苏打占7.6%，以及少量的镁、铁、铝氧化物[10]。如果过度加热，这种结晶体物质熔化后会变成绿色的玻璃。事实上，它离完全透明的或者半透明的玻璃还差得很远，因而被称为玻璃膏，可以用来制作诸如“宝石”、装饰物、环状饰、装饰板甚至希腊和罗马时期的器皿。这些施过釉的物件并不透明，称作“不透明玻璃”应该比“玻璃膏”更贴切，后者是一个误导的现代贸易术语，指的是仿透明或半透明宝石的玻璃赝品。

318

我们现在还几乎没有最早的玻砂制品是在何处和如何制作的证据。毫无疑问，埃及是制作玻砂最多的地方，不过叙利亚和美索不达米亚以及其他地方肯定也有这样的工场，虽然不是制作器皿，但至少能够制作小型的器件。在古代，由于玻砂制品的用量很大，甚至可能是在一个地方生产后运往别处再流行起来。无论如何，在埃及大多数用作颜料粉的蓝玻砂，被做成球状或者块状运往他处，主要是小亚细亚的克里特和迈锡尼时期的希腊。在公元前1世纪，维特鲁威（Vitruvius）描写了用砂子、铜和苏打制作球状蓝玻砂颜料的过程[11]。在不列颠、意大利和近东地区，罗马时期的玻砂制作都有记载[12]。

9.2 公元前750年以前的玻璃制品

在埃及发现的公元前1500多年的玻璃器皿是最古老的玻璃器皿，但是出土的一些其他种类的玻璃制品肯定更古老。公元前第三个千年中叶[13]，玻璃逐渐为人们所认识，尽管在玻璃诞生的头1000多年里玻璃制品还很罕见，人们把它当作宝石一样珍藏，价钱也许和宝石差不多。

大约在公元前1500年，这种情形突然有了一些变化，玻璃器皿、玻璃制品以及玻璃镶嵌物大量出现。到公元前14世纪中叶（阿马纳

319

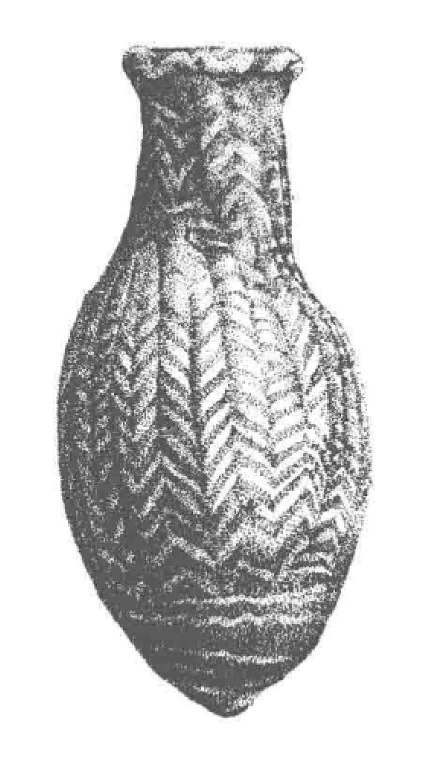


图 294 美索不达米亚或叙利亚。带有滚料板纹痕的砂芯瓶，出自乌尔。公元前第二个千年后期。



图 295 石榴型的砂芯软膏瓶。出自塞浦路斯的恩科米。迈锡尼时期。

时期)，在埃尔阿马纳、利什特、古罗伯等地的埃及工场制出了大量各种款式和颜色的玻璃。美索不达米亚的证据缺乏说服力，但从乌尔(图 294)和远至东北的努济[14]出土的器物来看，卡西特时期(公元前第二个千年中叶)的玻璃器皿并不罕见。叙利亚、巴勒斯坦[15]和塞浦路斯[16](图 295)的证据也很充分，但是这些地区的土质并不像埃及那样适于制作玻璃，玻璃制品多半脆而易碎。在这个时期，我们只知道在埃及有玻璃制作工场。然而，器形的差异有力证明着所有前述的玻璃制品并非都是产自埃及，很有可能在许多近东地区也有这种工场。我们不清楚玻璃器皿的制造是否起源于埃及，也不能确定它是否是在其他地方制作，然后再被带到了埃及。

公元前第二个千年的小件玻璃制品由陶模制作成型，相应的釉陶也是如此成型，甚至一些小规格塑像也是这样(图 296)。一些器皿，特别是半球形或其他简单形状的小碗，是将黏稠的玻璃压进陶模中制成的，有可能将玻璃像冰糖一样敷在反模上制成的。

早期发展起来的另一道工序是冷加工技术，就是把一大块玻璃当作石

头一样打磨或切割。印章的图案肯定是这样刻出来，即使坯料怀疑是模制的。像相应的石制品那样，坯料也许是先雕刻再抛光。大一些的器件，例如枕头（图 297）和图坦哈蒙的调色板[1]（约公元前 1350 年），或许还有一些容器，也是这样制作的。



图 296　绿色模制母亲神塑像。以色列，莱基。公元前 16 世纪。

320

这个时期及以后一千年甚至更长的时间里，大多数的玻璃器皿在制作时，先将一个用布袋裹着的砂芯放入盛有黏稠熔融玻璃的坩埚中，然后放在平石板或滚料板上滚动成形。装饰的方法通常是在器壁饰纹或者用其他颜料进行点饰或环饰，有时还要对表面附加的玻璃进行连接和装饰（图 298），偶尔（图版 24D）也会涂上无光泽的纹饰。

制作玻璃的配料是石英砂、碳酸钙和碳酸钠（天然碳酸氢二钠）或草木灰，此外还有着色剂。有时碳酸钙存在于砂中，是无意中加进去的。

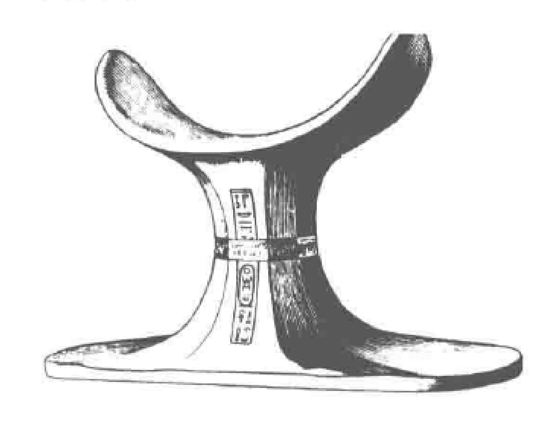


图 297　用大块玻璃冷雕而成的枕头。其中标出了图坦哈蒙的名字和头衔。出自底比斯的图坦哈蒙墓。约公元前 1350 年。

在埃及的这个时期，玻璃常常用于镶嵌工艺，作为青金石、红碧玉或其他宝石的替代品。图坦哈蒙墓中的陪葬物——特别是一些棺材上的器件——都采用镶嵌工艺装饰，其中大多用的是玻璃。这些器件用专门设计的模具制作，像马赛克一样（有时也像掐丝珐琅）拼合在一起，组成

1　有两件上釉的枕头在这个墓中出土。一件具釉陶外观，另一件呈青蓝色，看上去像是玻璃。特纳教授最近对这两件物品作了仔细的检查，然后将上述结果告诉了我。

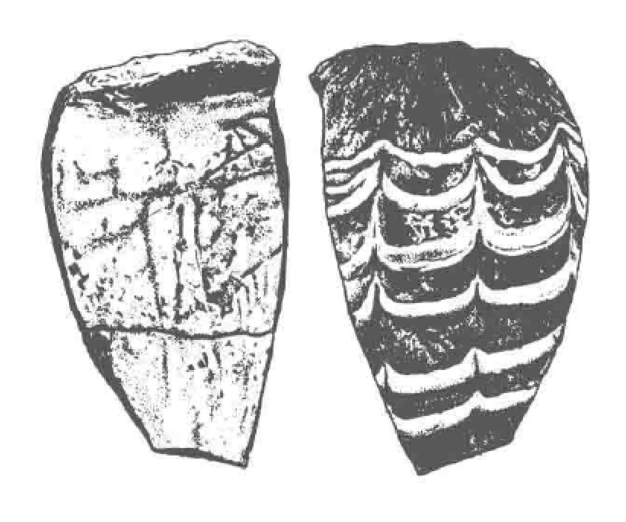


图 298 砂芯瓶残片内壁和外壁的外观，显示出芯上的绳纹，以及器皿模制后从芯上剥落时留下的工具痕。自埃尔阿马纳出土，约公元前 1360 年。

难解的符号文字、圣甲虫的翅膀、花样纹饰的壁龛等等。也有玻璃镶嵌的图案，例如图坦哈蒙的宝座[17]。

到公元前第二个千年的晚期，所有近东国家都熟知玻璃了。假如要想研究不同国家所产玻璃的化学成分，我们就得探究有多少地区建有玻璃工场。很可能玻璃工匠已经有移居的习惯，这种习惯至今没有改变，他们从一个工场迁移到另一个工场，只传播了他们的玻璃制品，而没有传播技术。迄今为止，在希腊的北部和西部，人们还没有发现公元前第二个千年以前的玻璃器皿。早在中期青铜时代出现的玻璃珠源自欧洲各地区，地中海地区相近的费昂斯珠则是源于不列颠韦塞克斯文化的青铜时代墓穴（公元前第二个千年中期）。但是，这些岛屿最早的玻璃珠又出自周边地区，例如西西里、苏格兰、爱尔兰的青铜时代的墓地。即使不是全部，这些玻璃珠的年代也大多远晚于公元前 1000 年[18]。

321

稍晚于公元前第二个千年的全盛期，一个黑暗时期降临了，像同时期的其他事物一样，有关玻璃的历史变得模糊起来。除了玻璃珠和护身符外，几乎没有能确定在公元前 1100—前 750 年制作的玻璃片，这不禁给人一个也许错误的印象，即在这段时间内玻璃器皿和稍大的玻璃物件的制作几乎停止了。

9.3 约公元前 750 年开始的玻璃业的首次复兴

公元前 8 世纪或稍晚的公元前 7 世纪，玻璃器皿又开始普遍使用。早期的一些技艺，例如冷雕、模压和砂芯都继承下来了，但器皿的式

样——也许还有制作中心——都有了改变。这是海绿色冷雕玻璃盛行的时代，例如公元前8世纪晚期萨尔贡二世（Sargon Ⅱ）时期的雪花状玻璃制品（图版26C、26D，图299）。同一时期的制品还有公元前7世纪的模压碗，例如出自克里特的福尔泰扎的一件制品，它是最早的新式砂芯玻璃器皿[19]。

至希腊化时期结束，这些砂芯器皿完全继承了原有的类型，只是在器形和纹饰上有了一些微小变化。从美索不达米亚到西班牙，从非洲海岸到阿尔卑斯山，都曾经找到过这类器皿。公元前4世纪，一些玻璃制品可能还被远运到非洲大西洋沿岸的瑟恩[20]。当时主要的制作中心很可能是腓尼基，玻璃制品无疑是由那个地区的商人传播开的。在埃及很少发现较晚时期的砂芯瓶，不像有过成批的制作。同样地，雕刻的海绿色（有时甚至是近乎无色透明的）玻璃制品很可能是亚洲的而非埃及的产品。公元前7世纪后，这些制作得以继续，在以弗所（Ephesus）发现过公元前4世纪的一个残缺的花瓣纹底座的碗[21]。

在结束对这个时期的回顾之前，我们必须考虑到，在玻璃发展的主脉之外还有一个分支。公元前6世纪至前5世纪，在意大利北部和亚得里亚海湾地区，出现了用第二种颜色作曳痕点缀的玻璃珠子和胸针装饰品。在哈尔施塔特、圣卢西亚（伊斯特里亚）等地，重新找到了一些同一时期的类似的特殊碗形器皿，带有直棱和把手[22]。这个时期的玻璃珠和玻璃手镯都是浅蓝和浅绿色的，并用第二种颜色作曳痕和“眼”状点缀，它们在欧洲中部和北部地区制作，晚些时候可能甚至在不列颠也有生产。

322

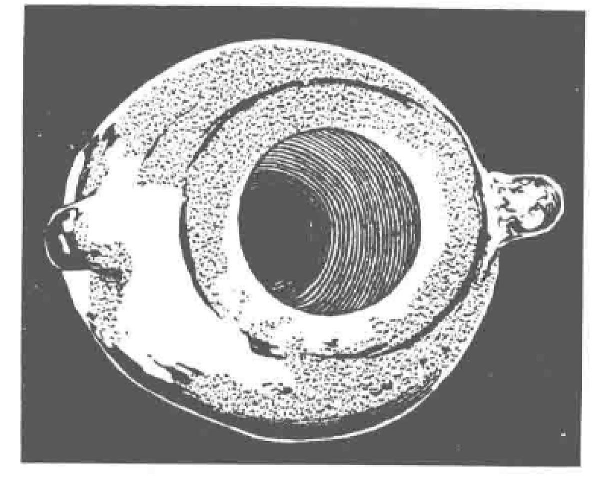


图299　绿雕雪花状玻璃瓶内视图。
显示出瓶内的环形磨纹。瓶上用楔形文字记载着亚述的萨尔贡二世的名字，公元前722—前705。

9.4 吹制玻璃的开始（公元前1世纪）

砂芯技术主要局限于制作闭合状小瓶子，因此到公元前2世纪或公元前1世纪时就不再流行了。这是玻璃制作史上一个重要转折点。接下来，产生了一种新的技术方法，将模压和冷雕（附加物）结合在一起，为精巧的镶嵌设计（图版24E）和马赛克图案的碗（图版28A—28E）引进了“玻棒”工艺（边码335）[23]。这时，埃及的制造业牢固地扎根在亚历山大城附近的三角洲地区，再度进入繁荣时期。公元前1世纪末出现了更伟大的新进展，这就是吹制玻璃的发明，一开始是放在模具里吹制，很快就发展为无模吹制。这项发明几乎可以肯定是从叙利亚发源的，从罗马时代的埃及遗址出土的玻璃器型中，可以判断有模吹制技术从来就没有在埃及流行过。

公元前31年，屋大维（Octavian）在亚克兴角取得胜利，并在次年并吞埃及，开始了罗马帝国的和平时期。这为新型玻璃技术的迅速传播提供了最有利的契机，叙利亚和埃及的能工巧匠纷纷来到意大利以及罗马帝国的其他地方。罗马共和国后期的作家对玻璃只字未提，罗马帝国早期的作家则很关注玻璃制作的重要性。亚历山大城的玻棒技术和模压工艺，以及叙利亚的有模吹制和无模吹制，如此迅速地传到意大利，如果不下功夫研究就不可能将意大利的玻璃制品与那些源自东方的玻璃制品区分开，但恩尼（Ennion）工场的制品是一个特例（图300）[24]。

323

普林尼（Pliny，卒于79年）说，当时在库麦附近坎帕尼亚制作玻璃用的砂子是从沃尔图纳斯运来的，斯特拉博（Strabo）则在18年之前写道，透明的玻璃在罗马制作。似乎很可能的是，在亚得里亚海湾的阿奎莱亚附近——也就是今天的威尼斯，如果有一个独立的长期繁荣的玻璃业，它也肯定为罗马早期的发展贡献了力量。迁入坎帕尼亚和罗马的亚历山大城人提供给罗马市场昂贵的马赛克和模压的玻璃制品以及浮雕，例如著名的波特兰花瓶（图版26A）。与此同时，叙利

亚人迁移到了更北面的地方，并在1世纪越过了阿尔卑斯山，从而获得了向西、向北发展的机会。

在东方、意大利和西方都找到了玻璃，证明了玻璃制作的迅速传播，但由于我们还没有掌握更多的细节，因而还得试作推测。然而可以确信的是，到1世纪中期，玻璃已经在阿尔卑斯山地区很常见，仅在洛迦诺墓地一处就发现了至少350件器皿，其中包括一个表面雕刻的大口杯和一个彩绘碗（图301）[25]。为数不少的分布在意大利北部的玻璃制品，可以确定是这个时期制作的。从罗马和意大利中南部以及庞贝遗址，已经出土了很多相似的碎片，其中有较多数量的马赛克和色彩极为丰富、成分相当复杂的模压器皿。



图300　刻有制造商恩尼姓氏标记的琥珀壶。
他在叙利亚和意大利都有工场，1世纪早期。

400年前的罗马帝国时期的玻璃制作历史很简单[26]。玻璃工业一旦突破阿尔卑斯山界限，就迅速地传遍罗讷河和索恩河流域，并且沿着莱茵河向下游蔓延，直到2世纪落脚在科隆和特雷夫斯附近。它迅速地向西北发展，传播到今天的比利时及周边地区，并在现今比利时和法国接壤的墨兹河、桑布尔河和瓦兹河流域的森林地区驻留下来。然后，它传到了不列颠的科尔切斯特、沃灵顿和靠近诺里奇的凯斯托，当然还有其他地方。看来在罗马时期甚至在罗马时期之前，西班牙也一定有这样的工场，因为在那里经常能找到一些样式古怪、类型特殊的玻璃制品。



图301　深绿色玻璃彩绘碗。
自瑞士洛迦诺出土。1世纪中叶。

同时，一定有另一批工匠从叙利亚迁到了美索不达米亚、塞浦路斯、希腊和俄罗斯南部，因为已经发现这些地方的玻璃制品从2世纪前就有完全不同的器形和设计，这正是当地建有工场的最有力证据[27]。罗马时期是玻璃工业迅速传播的最重要时期，尽管罗马玻璃无疑是通过贸易或攻城略地而扩散到帝国境外的。最近在阿富汗的贝格莱姆（古代的卡皮萨）和撒哈拉沙漠纵深处，以及在苏格兰北部的安东尼墙、斯堪的纳维亚和德国北部出土的大量玻璃制品，证实了玻璃制品在罗马时期未开化的邻国中也很流行，他们钟爱制作精良的器件，包括雕刻的（图302）和彩绘的[28]。

这些玻璃制作中心一旦建起，都多多少少地保留着与黎凡特地区母工场的技术联系。很明显，他们都曾得到过叙利亚和亚历山大城工匠们的不断支援，否则我们无法解释在1—4世纪期间，从东到西的工场在不同时间生产出来的玻璃制品，在器形、式样、技术细节上表现出来的相似性。这些器件不仅在制作技艺上相似，连口沿的形状和器形的微小之处都没什么差异。这种类似没有出现在同期的陶器上，除了萨姆斯这种各国流行的器件。

在埃及和叙利亚，玻璃工业从某种程度上来说是类同的，特别是在器形方面，但它们都有一种以上独特器形的（尽管不是独有的）玻璃制品。罗马帝国初期的亚历山大城注重模压、磨光和抛光，这导致了后来切割和雕刻工艺的发展。一些精雕细刻带人物图案的无色玻璃碗（图版26B，图321）明显来自亚历山大城，但它们也可能会出现在远离亚历山大城的地方。亚历山大城的工匠们似乎也精于制作彩绘玻璃，例

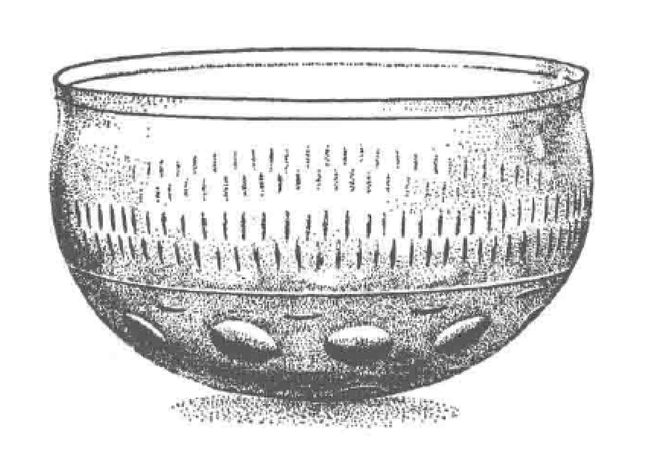


图302 表面雕刻的无色碗。
也许是亚历山大城人的作品。自丹麦的希姆林哥出土，2世纪。

如最近在贝格莱姆发现的器件和达芙妮花瓶（图版 27A）[28, 29]。出土的还有一套容易界定甄别的素色玻璃餐具，包括碗、杯子、水壶等，这是 4 世纪在埃及制作的[30]。另一方面，恩尼（边码 322）和他同时代的人偏好用模吹制玻璃，叙利亚的玻璃工业就集中在有模吹制（图 303）和无模吹制，吹出的形状越来越复杂，并用曳痕和压痕装饰（图 304）。

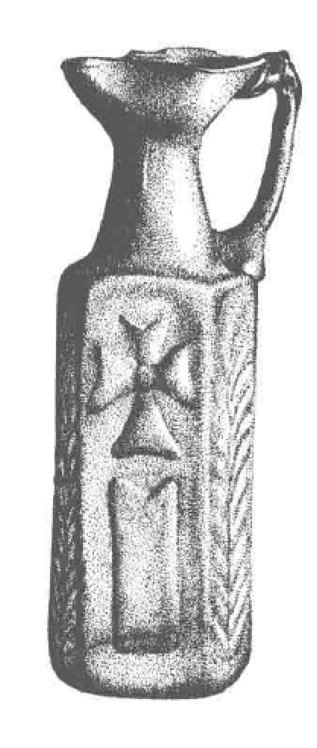


图 303　有模吹制的绿色六角壶，叙利亚产。5—6 世纪。

在罗马文献中常提到两类玻璃工匠，一类是玻璃匠，另一类是雕刻匠和抛光匠，两个行当有明显的区别[31]。如果亚历山大城工匠和叙利亚工匠之间的差别是存在的，我们有理由认为雕刻匠和抛光匠活跃在埃及，而只有一小部分立足于叙利亚。乌尔比安（Ulpian，170?—228）提到了这些工匠在阿奎莱亚的生活，认为他们活跃在意大利的事实是清楚的。

9.5　后罗马时期的玻璃制品

再来看看罗马帝国崩溃之后的玻璃制造业。在西方国家，除西班牙以外，玻璃制造业的发展历史鲜为人知，4 世纪，主要的玻璃制造中心在意大利、比利时及其周边地区和莱茵兰。尤其是莱茵兰，还曾作为主要的贸易中心达到两到两个半世纪时间（图 305），玻璃匠、雕刻匠和抛光匠都曾很活跃[32]。罗马时期的玻璃工场都设在城镇或紧挨城镇的地方，特别是集中在莱茵兰和高卢北部。到 9 世纪末，玻璃熔炉好像设到了森林地区[33]，但不清楚发生这种地理位置变化的时间。已有的莱茵兰出土玻璃的化学分析（表 9-1）似乎表明，在墨洛温（Meroringian）时期，玻璃制作的原料碳酸钠没有中断过供应，并没有像罗马时代晚期那样不得不大量使用从森林资源中获得的碳酸

钾(草木灰)。事实上，分析结果表明，在后罗马时期的中期，莱茵兰的玻璃制造业并没有分崩瓦解，向森林地区的迁移也许在更晚些时候发生。直到9—10世纪，玻璃制作才大量依靠草木灰，因为分析发现，玻璃中钾含量明显增加(表9-1第10栏)，这个现象值得作进一步研究。与罗马时期的同类制品不同，所有这些后罗马时期的玻璃制品在式样和装饰种类上变化不多，清澈度和色彩运用也稍有逊色，总的说来制作得不如罗马时期的好。

在异教徒的撒克逊时期，玻璃制品大概也在不列颠生产，至少是在肯特郡，因为某些种类的器皿在肯特郡遗址很普遍，在欧洲大陆却很少或根本没有。坐落在英格兰北部威尔茅斯的本尼狄克(Benedict)和卡思伯特(Cuthbert)两个修道院，分别在675年和758年向欧洲大陆发出求助函，前者要求高卢派出窗玻璃工匠，后者希望美因茨支援器皿制作工匠，“因为这个地方不谙玻璃制作技术”，那是指诺森伯里亚。本尼狄克修道院的请求被同意了，卡思伯特修道院因为后来自己试制玻璃器皿，请求的结果也就没有下文了[34]。在格拉斯顿伯里，雷德福(C. A. Ralegh Radford)发现了在撒克逊后期建造的一座玻璃熔炉的遗迹。



图304　带有蓝绿色暗痕的绿色细颈瓶，叙利亚产。4世纪。

中世纪时期的西方，森林玻璃仍然在制造，当时的文献还提到过特雷夫斯等地附近的工场位置[35]。13世纪以来的玻璃制作工场遗迹，在不列颠的萨里和苏塞克斯还时有发现。大约在1226年，诺曼底的工匠们建立了这些工场，其中的第一个人是维特里略(Laurentius Vitrearius)，他定居在皮克赫斯特附近的戴尔斯克劳斯[36]。在威尔德等地得到发展的这项工业，在英格兰主要从事窗玻

璃和器皿的制作。16 世纪中叶，引进了洛林和威尼斯的工匠，那些来自威尼斯的工匠开创了英国制造水晶玻璃的历史。

327

我们再来看看意大利。在 4 世纪时，罗马的玻璃制造业非常强大，能够雕刻出有人物图案的玻璃制品，也许甚至能雕刻出敞口笼形杯（图 306）和镀金玻璃等，这些东西都存留至今。7 世纪，意大利的伦巴第墓出土了带柄杯，还有一些完全不同于莱茵兰或比利时生产的玻璃制品。此时，意大利的玻璃制品还默默无闻，威尼斯的产品直到 13 世纪才声名鹊起。从那时起，玻璃制造工业迅速发展，这无疑在很大程度上是十字军东征导致东方工匠和式样传入的结果。一些威尼斯工匠在意大利其他地方甚至再远些的地区建立了工场，来自诺曼底的工匠在热那亚附近设立工场与之展开竞争[37]。作为玻璃制造业的两个分支，威尼斯人和诺曼人在 15 世纪的欧洲西部和北部开创了近代玻璃工业。

在后罗马时期，东方所有玻璃制作中心的发展速度、器形和生产都有明显变化，通常认为这与阿拉伯人的入侵有关。7 世纪时的埃及，旧的罗马—埃及风格和式样让位给了新的类型，例如有点状背景



图 305　一组从特雷夫斯附近迈恩的墓室中起出的玻璃制品。4 世纪晚期。



图 306　带有青铜柄的敞口笼型杯。很可能为意大利产，4—5 世纪晚期。

并饰以暗痕或花边或雕刻的香水瓶，以及有光泽彩绘（图版 25D）或钳形纹（图 307）装饰的深绿色碗等。在叙利亚和美索不达米亚，带有暗痕装饰（图 308）或深面雕刻的新型器皿也出现了，通常认为是在 6 世纪之后制作的。旧的罗马—叙利亚风格的蓝绿色吹制器皿虽然没能延续到 8 世纪，但至少维持到了 7 世纪[38]。

9 世纪及以后的几个世纪里，在一些近东的国家出现了无色水晶玻璃细雕的明显复兴。

在 13 世纪和 14 世纪，中世纪的东方玻璃制品已经达到了相当高的水平，在拉卡、大马士革和叙利亚一些地区，流行在无色或有色玻璃制品（饮水玻璃杯、清真寺油灯等）上进行彩饰。推测起来，一些传世精品应当是这些工场制作的，工匠们后来向西迁移到威尼斯等地，创建了西方的玻璃工业。

328

一般认为，拜占庭是 5 世纪及以后几个世纪主要的玻璃制作中心，生产了大量精美的玻璃制品，特别是威尼斯的圣马克宝库中的一种浮雕碗。不过，这些制品现在看上去更像是产自东方，与基什等地发现的玻璃制品的情况相似[39]，我们不能确定哪一种（如果有的话）产自拜占庭。有一个希腊遗址叫科林斯，人们在那里仔细考察了 11 世纪的两个玻璃工场[40]。



图 307　饰有钳形纹的绿色碗。埃及，9—10 世纪。

它们大致是埃及工匠建立的，因为具有埃及同时期工场的风格。当1147年诺曼人征服科林斯时，工场被破坏了，工匠们向西迁移，因为有一些玻璃器型与中世纪西方器皿非常相似。如果真是这样的话，科林斯工场在中世纪西方玻璃制造工业复兴中处于一个重要中转站的地位。

9.6 材料和工具

古代所使用的材料证据有两个来源，一个是古代的配方和古代技术文献及文学作品中提供的其他详情，另一个是对古代样本的研究和分析。

古代的文献资料非常不连贯和不充分，公元前7世纪的亚述人的文本（边码315）是个例外[41]。古代作家指出，玻璃的主要配料是埃及的砂子［普林尼列出了其中最完整的文献，系叙利亚人贝卢什（Belus）和坎帕尼亚人沃尔图努斯（Volturnus）所著］和硝（或苏打），它们与贝壳提供的石灰混在一起，再混合一种叫作 *magnes lapis* 的物质——也许是镁质石灰石[42]，不过着色剂极少看到。亚述人的文献中提供了某些制作玻璃的配方，但并不容易理解，例如 *uknu-merku* 被认为是模制的蓝色玻璃或希腊的 *kyanos*，*dusu* 玻璃想来就是水晶玻璃（明净玻璃），还有 *sirsu* 与 *zuku* 玻璃[41]，最后一种是公元前17世纪美索不达米亚人石板上记载的釉的配方中的基本成分（边码316）。根据出自《成分变量》（*Compositiones Variae*）的中世纪早期配方[1]以及特奥菲卢斯和“希拉克略”的一些记载传统作坊工艺的文字（边码351），进一步研究亚述人的文本，也许可以更好地解释他们的困难。值得注意的是，研究距今1500年及更早期的玻璃成分时，中世纪的文本应当是我们的主要文献来源。

329

当然，了解古代所使用的配料的最可靠依据，是现存的早期玻璃残片的成分。不幸的是，无论是化学的还是物理的，所有的分析都很

图 308 浅棕色缠枝纹润滑油细颈瓶。叙利亚产，6—8 世纪。

费时且花费巨大，迄今只有很少的进展（边码 43—45，参见表 9-1）。在下定论之前，我们还有很多工作必须要做。

埃及第十八王朝通常用的玻璃是钠—钙玻璃，平均百分含量分别是 55%—65% 二氧化硅，15%—22% 氧化钠，1%—3% 氧化钾，3%—10% 氧化钙，3%—5% 氧化镁，1%—3% 氧化铝和 1%—3% 铁的氧化物。这些埃及玻璃的配方，一般都保留到了阿拉伯时期。古代其他地方的玻璃似乎有基本相似的成分，尽管通常含有较多的二氧化硅，它是从钠—硅或钾—钙化合物开始的。这些配料很可能是根据具体供应情况而不加选择地使用，似乎无法证明[45]它的成分有时依据规律而改变，例如所有的罗马玻璃是一种，所有的中世纪早期的玻璃则是另外一种。也许在一些国家——例如埃及，钠就从来没有被钾所代替，而在其他地方，玻璃工匠在森林地区建起熔炉，就容易生产出钾玻璃。但是，古

330

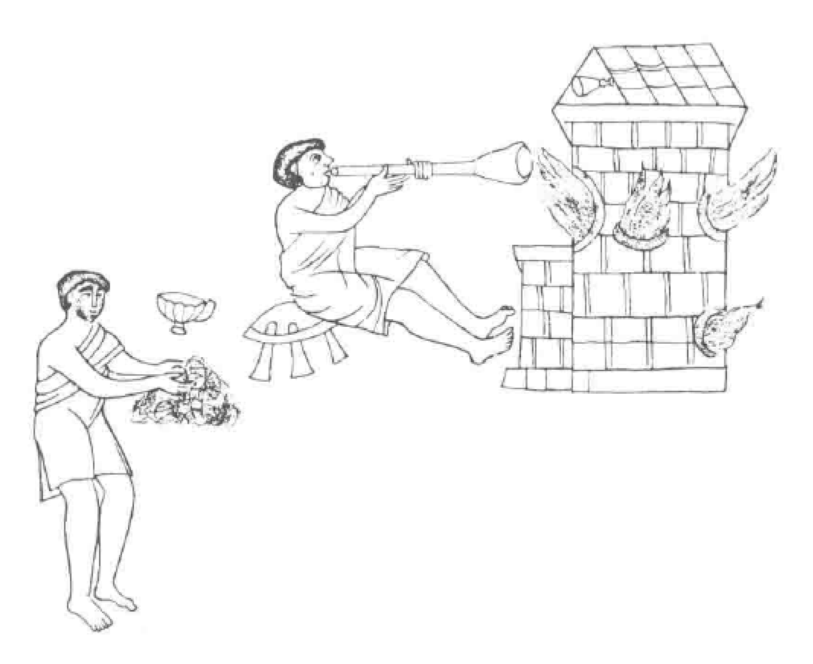


图 309 三层结构的玻璃熔炉。出自一份意大利手稿，1023 年。

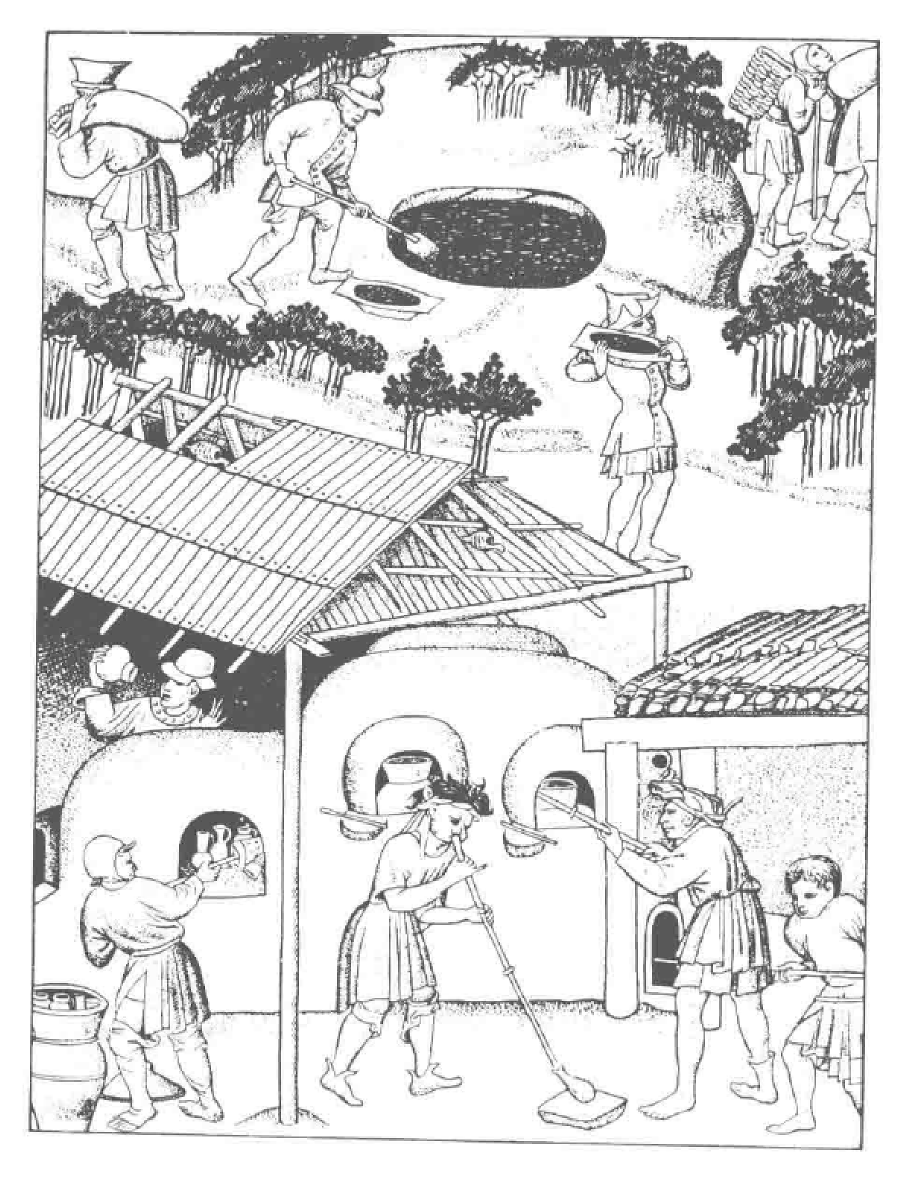


图 310　玻璃工匠和熔炉。
背景图中的人们正在制备玻璃料（参见边码 356、边码 358）。出自 15 世纪早期波希米亚的手稿。

代的玻璃制造者始终只知道这两种成分，而在远东则是例外[46]。古代是否有真正的铅玻璃还没有被证实，罗马和阿拉伯最好的无色玻璃应当是钠玻璃，同时代的绿玻璃、黄玻璃和紫玻璃也是钠玻璃。

332

我们还不知道有哪位古代作者曾提到熔炉、坩埚和古代玻璃生产所使用的其他工具，遗留下来的中世纪之前的玻璃制品，并不能说明大量的熔炉式样曾经存在。不过，特奥菲卢斯和“希拉克略”描述了中世纪早期的熔炉，有第一次、第二次烧制用的，也有退火用的，有一幅 11 世纪的画描绘了当时的熔炉样式（图 309）。这些地中海早期

的熔炉基本上分为燃烧室、坩埚室和退火炉三部分，科林斯遗留下来的熔炉就是这种式样。这些玻璃工场被认为是由埃及技师所建造（边码 328），因为它们体现了埃及的传统风格。在萨里、苏塞克斯以及其他一些地方，有着约 1600 年以前中世纪晚期熔炉的大量考古学证据（图 310）[36]。

提及坩埚，我们的史料又一次主要从中世纪开始。但是皮特里（Petrie）在埃尔阿马纳遗址（第十八王朝）发现了 2—3 英寸深及同样直径的陶质坩埚的一些残片。从古代玻璃器皿的大小和现存的未加工玻璃块推测，肯定还有大得多的坩埚在某些地方使用过，其中有一个玻璃块需要 5000 毫升容量的坩埚才能装下[47]。

玻璃工匠使用的工具（图 311、图 312）通常样式原始，很可能形状和种类从古代起就没有改变过。主要的工具是铁制吹管和用以给尚未成形完毕的玻璃制品加热的铁棒或铁杆，因为这样易于操作。在萨里和苏塞克斯的玻璃工场，曾经发现过这些工具的残件[48]，但没有找到更早时期的工具。其他的工具有钳子、铰刀（一种用来加工玻

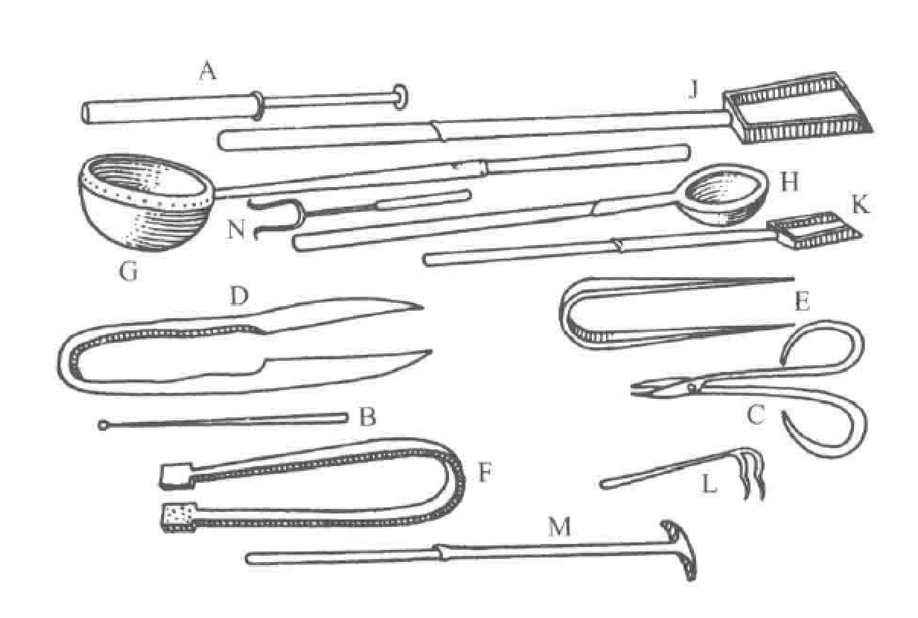


图 311 玻璃制作工具，出自一本 1699 年的著作。
（A）吹管；（B）铁杆；（C）剪刀；（D，E，F）钳子；（G，H）长柄勺，用来舀起熔化的玻璃；（J，K）铲子，用来取灼热的器件；（L）钩状叉子，用来搅拌坩埚里的玻璃；（M）耙，用来移动玻璃料；（N）叉子，用来把玻璃制品搬到退火炉。

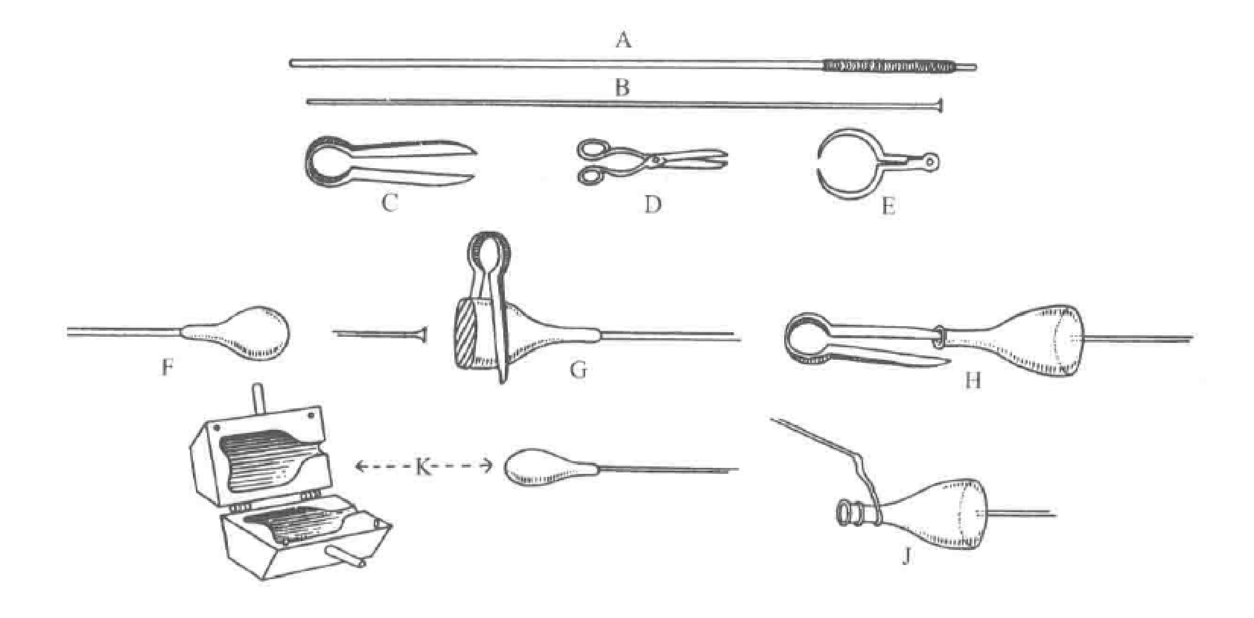


图 312 玻璃制作的工具和工序，出自一本 1817 年的著作。
(A) 吹管，一根 3.5 英尺长的铁管，在吹口处缠着细绳，以保护工匠的手；(B) 铁杆；(C) 钳子；(D) 剪刀；(E) 卡钳；(F) 吹管上一个部分吹制的玻璃泡；(G) 用钳子在吹管上造出细颈瓶，瓶底粘到铁杆上后将玻璃瓶从吹管上折断；(H) 用钳子使粘在铁杆上的细颈瓶的口沿成形；(J) 细颈瓶粘在一根铁杆上，用另一根铁杆在瓶颈处曳拉玻璃；(K) 准备将吹管上的玻璃泡嵌入铁模来制作有模吹制的瓶子。

璃的尖头工具)，以及剪边用的各种剪刀。古代似乎常用黏土制的玻璃模具，在比利时的一个玻璃工场遗址里，出土过罗马时期的四棱瓶模具、竹节细颈瓶模具和葡萄瓶模具[48]。中世纪阿拉伯的黏土模具也被使用过(图 313)。再晚些时候，铁制或铜制的模具也被普遍接受，并且一直沿用到现在[49]。

9.7 玻璃的品质和风化

与现代玻璃制品相比，古代的玻璃制品有较多的气泡，更容易混入原料中的杂质。考虑到制作方法和工匠们控制火候和原材料纯度必然遇到的巨大困难，这种情形也并不奇怪。但还是有一些玻璃制品——特别是 2 世纪亚历山大城的水晶玻璃和最好的莱茵河畔的无色玻璃——很少有气泡，除非在放大镜下仔细观察。在这方面，罗马玻璃制品从整体上足以与 19 世纪以前制作的绝大多数玻璃制品相媲美。另一方面，前罗马时代的砂芯玻璃通常有很多气泡，最常见的是

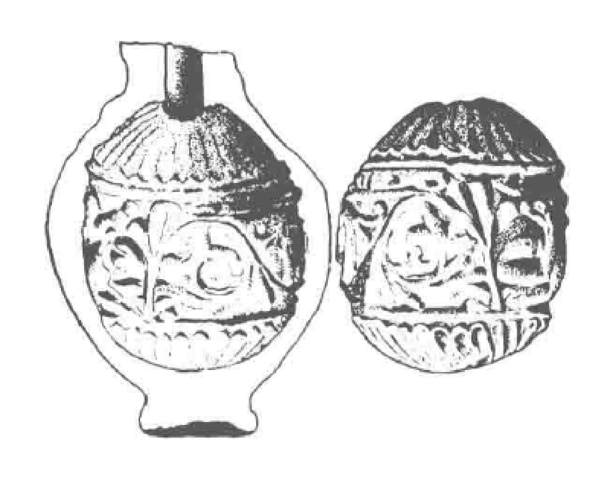


图313 制作有模吹制的细颈瓶所用的陶模（附石膏模型）。
阿拉伯，900年。

阿拉伯的玻璃制品，甚至包括叙利亚最好的施釉制品。9世纪及以后的几个世纪里，阿拉伯的刻制玻璃（边码327）可以与最好的罗马玻璃及现代水晶玻璃相媲美。由于较高的炉温有助于驱出气泡，玻璃像水晶般透明，这也许表明罗马时代的烧制温度比这个时代前后的烧制温度普遍更高一些。

但是，一些前罗马和罗马时期的玻璃制品（不仅指器皿，也包括诸如像章、手镯、指环镶嵌物和护身符等器件）非常不透明，在放大镜下可以观察到无数细小的气泡。尽管这些不透明的玻璃常被误称为玻璃膏，却和那些透明或半透明的玻璃一样是真正的玻璃。透明度取决于气泡的存在，在较高温度下进一步烧制就可以赶走气泡，造出半透明的玻璃来。古代玻璃中主要的杂质有砂子、黑色微粒和白渣，白渣也许就是“结石”，例如坩埚中的黏土微粒或第一次熔化在玻璃浆上层形成的“玻璃浮渣”。当吹制的玻璃充满气泡或杂质时，通常可看出显著的条纹或“吹制螺旋”，吹管上玻璃的转动造成了气泡或杂质呈线状分布。

风化是玻璃表面和内部结构恶化的结果，起因是长期的外界影响或内部分解作用。风化表现出一系列表征（图版28F—28I），成为确定年代和产地的重要依据[50]。风化主要分以下几种：

334

(a) **表面钝化** 导致玻璃失去清澈度和透明度。这必须同使用中由划痕和瑕疵引起的玻璃表面失去光泽区分开来。

(b) **表面析晶和应力开裂** 包括成品器皿的不恰当退火或冷却在内的各种原因，都会产生不同的应力，最终引起表面或内部裂隙（图版28F）。其中，最严重的情况是反玻璃化，最终会导致整个器件分

解成许多细小的碎块。从叙利亚和其他一些亚洲遗址出土的砂芯玻璃常常出现这种情况，可以部分解释亚洲的早期玻璃制品为什么遗存如此之少。许多罗马玻璃制品也有风化的倾向，特别是无色玻璃制品和窗玻璃。这是一种特殊的应力开裂，表现为线型裂缝，完全穿透玻璃。

(c) **搪瓷般风化**　这是一种表层变化，玻璃自身出现乳白色、棕色甚至黑色的斑点（图版 28G—28I），这些斑点不断扩展，最后覆满整个器皿，看上去好像搪瓷涂层一般。随后开始的表层的分解分成两种。一种是风化在小的圆形表层进行，剥落后留下带有坑洞的表层（图版 28H），由于在不平整的玻璃表层产生的光的干涉，形成了彩虹现象。以这种形式风化的罗马玻璃在某些国家（比如叙利亚）很常见，在东方和西方的中世纪玻璃制品中则更为普遍。风化也在美索不达米亚和其他地方的阿拉伯玻璃制品中发生，西方森林地区的玻璃制品还常出现一种特别的风化形式，即在黑色的斑点上形成深坑。另一种是表层分解，风化将形成薄薄的粉层（图版 28I），剥落后表层也会形成彩虹现象。叙利亚和巴勒斯坦遗址出土的玻璃制品显然容易产生粉层剥落，因而经常会生出漂亮的金色或者紫色的彩虹颜色，很值得收藏。

(d) **晕彩**　这是一种最普通且最常见的风化现象，能够产生一种彩虹般的五颜六色的效果，虽然只是一些痕迹，但几乎每一件古代玻璃制品都会出现。在发生最轻微的风化时，只是在表层形成一种膜斑。风化进一步发展时，膜斑开始剥落，这样就常会出现（c）类风化的情景和结果，除有些膜斑外，埃及出土的玻璃制品极少会进一步风化。西方的罗马玻璃和中世纪森林地区的玻璃不常出现典型的晕彩风化，但多伴随有搪瓷般风化。

这些风化的产生有许多原因，有些是外部因素，例如暴露在水中、阳光下，还有土壤中的酸和其他物质，以及住地的废物污染等，有些是内部因素，例如配料的化学成分和制作中的错误。外部与内部因素

交错作用到一定程度便产生风化，因此尽管能够通过风化类型来鉴别一些国家和一定年代的玻璃器件，但还是不能肯定一块玻璃在相对固定的环境和时间内保存的话，会产生何种类型和何种程度的风化。出土时，同一件器皿紧邻的碎片的风化类型和程度也会有所不同[51]。

9.8 制作工艺

(a) **模压** 最早的玻璃制造技术可能就是模压。从很早开始，古人就懂得使用模子来制作黏土和金属的器件，因此自然会将这一工艺用于新材料——玻璃。玻璃在坩埚里生产出来并冷却，就变成了坩埚的形状。至少从公元前第三个千年的中叶起，大量玻璃器皿都是通过将黏稠的玻璃液倾入黏土模中压制而成的。现在还不能确定开始运用这种工艺制作器皿的时间。埃及第十八王朝时期的一些敞口碗可能就是这样制作的，但也可能是用正模而不是用反模压制成的。

用模压法制作器皿主要在公元前第一个千年的下半叶得到发展，当时的埃及（边码 322）极频繁地使用模压技术。这种技术伴随着小直径玻璃棒技术（下面要谈到），也伴随着制作器皿过程中大量使用的研磨和抛光技术一起发展，亚历山大城地区因而成为当时重要的玻璃制造中心。从公元前 1 世纪（或稍早）开始，来自埃及本土的和公元前 30 年后迁徙至此的亚历山大城工匠制作了大量精美的器皿，主要是敞口碗和罐，也有一些封闭形状的器件（图版 25A，以及章末补白图）。彩饰玻璃是将具有多种颜色成分的玻璃棒混熔在一个模子里，出料后研磨抛光而成。单色玻璃由纯翠绿色、绿蓝色和钴蓝色、火漆红色及其他不透明和半透明的色料制成。若是普通无花纹的玻璃，就先进行模压，再由旋转抛光机完成抛光。若是有棱纹的玻璃，还得用火进行抛光（即重新加热使表面有光泽）。亚历山大城的模压工艺持续到 1 世纪下半叶，此后除了制作坯料供雕刻匠和抛光匠加工外，模压玻璃已经不常采用（边码 336）。1 世纪后，全部用模具制作玻璃器件

的古老工业似乎摒弃了模压法，转而使用有模吹制法，其工序容后再述(边码339)。

(b) **冷切** 通过模压法制成的玻璃粗坯或半成品就像一块石头，可以用切割石头的技术(至少在公元前第四个千年的埃及和美索不达米亚使用过)将它打磨和抛光。在更早的时候，宝石和印章刻刀就已经能切割像石英和辉绿岩那样的硬石。当时发现很容易将玻璃粗坯制成像密闭圆筒或环形框那样的器件，这些器件从公元前第二个千年中叶开始十分普遍。在埃尔阿马纳遗址[13]，皮特里发现了被切割和打磨过的玻璃。某些较大的玻璃器物——例如图坦哈蒙的枕头(图297)，可能就是通过这种技术由模坯制成的。然而，有一点很令人费解[52]，我们还没发现由这一工艺制作的公元前第二个千年的玻璃器皿。

最早的可推断年代的冷切器具来自尼姆鲁德(边码321)，上面刻有约公元前720年萨尔贡二世的名字(图299，图版26C、26D)。此后，这种制作器皿的技术应用规模虽小但流传广泛，也许可以追溯到罗马时代甚至更早的时期。不过，冷切技术更多的应用还是配合其他的工艺，例如抛光和装饰。我们曾提到这一技术用于打磨和抛光亚历山大城和意大利的模压器件(边码335)，热衷使用它的人成为罗马时代后期的雕刻匠和抛光匠，他们与玻璃匠或吹制匠一起工作，制作出精美的雕饰器皿。这些工匠将他们的技艺一代一代地传授下去，一直延续到阿拉伯时代。在9世纪及以后的几百年中，雕刻器皿再度流行起来并深受欢迎。此外，宝石切割刀一直用来雕刻玻璃器件。在希腊、罗马及以后一段时期，成千上万用玻璃仿制的宝石代替了珍贵或较珍贵的宝石。

(c) **卷芯** 从公元前第三个千年中叶到罗马时代晚期，有孔玻璃珠都是由坯芯制得的，这种工艺包括把黏稠的玻璃卷绕在一根线芯上，或者把线芯放置在模具中，再倒入黏稠的玻璃，也可以把线浸入熔融的玻璃中，待玻璃冷却后，再将线取出。从罗马时代晚期起，玻璃球

一般可能是通过把吹制好的玻璃管分割开来做成的。这一工序速度快且易于操作，难怪一经发明马上就代替了原来的抽线方法。

在卷芯法制珠的基础上，埃及第十八王朝时期的工匠改进了制作器皿的砂芯技术，它们的原理实质上是相同的，制作方法也如前所述(边码319以后)。由于这一方法的局限性，只适于制作封闭状器件而不能制作碗。现存的一些例子表明，它一直是十分流行的工艺，但自吹制法发明后就迅速消亡，并且再也没有大规模地恢复使用。凭借速度快且基本上不受器件形状大小限制的特点，吹制法取代了它。

337

(d) **吹制** 到大约公元前1500年，模压、冷切和卷芯三种基本的玻璃制作技术都在使用。又过了不到1500年，玻璃吹制法问世，这种新工艺是一项革命性的发明(边码322)。不论是有模吹制还是无模吹制，本质上都是同一个过程，这一发明是玻璃制作中最后一项重要技术。从罗马时代起，这项技术在基本要领方面始终没有什么变化，成为罗马时代工业技术现代化的一个象征。

我们尚不能确定何人在何时发明了吹制技术，也还没有发现在公元纪年以前有关吹制玻璃的有力的地层学证据，它可能是叙利亚人在1世纪早期发明的。最早的有模吹制器皿由恩尼的西多尼(Sidonian)玻璃工场制作(图300)，恩尼当时在意大利(边码322)及其他地方也拥有玻璃工场。从这些最早的制品中，我们可以推测有模吹制的发明先于无模吹制。但是，为什么第一个吹制玻璃的人没有模子就不能吹制？还没有令人满意的证据。吹制玻璃技术一旦发明，便成为古代技术中传播最迅速的潮流之一。到50年，可能仅在这一技术首次应用后的几十年里，整个罗马世界版图内都在使用吹制玻璃。

这里无须详细介绍吹制玻璃器件的具体方法，因为在接下来的19个世纪中，这一工序及其使用的工具都没什么特别大的改进(图311、图312)。现代发生的唯一变化是引入了设计日益精密的机器，用于批量生产像瓶子和电灯泡这样的产品。1世纪，罗马工匠已经能

熟练地吹制出形状好看的各种器件，后来的罗马工匠也能这样做。2世纪到4世纪的那些罗马工匠，能够生产出和文艺复兴时期威尼斯工匠所生产的同样精美的玻璃制品。他们懂得并且使用了玻璃吹制业中的所有诀窍，能够制造出两层或多层的镶色玻璃，加工直径2英尺甚至更大的平盘，在大水壶中装入小水壶，用下沉法从器皿壁上抽出中空的突起。罗马帝国在西方衰落后，吹制技艺在东方仍然保持着很高的水平。在那些地方，一些阿拉伯早期的玻璃制品制作精巧，同大多数罗马时期的器皿不相上下，估计是从东方来的工人让威尼斯人重新掌握了他们的技艺。

9.9 装饰工艺

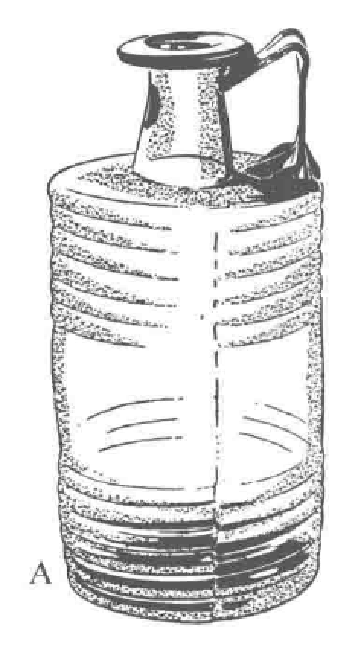
装饰可以是在制作的主要过程中加入一些重要成分（下面的a—c），也可以是趁玻璃还热的时候（d—e）或冷却后（f—h）二次成型，但最后可能需要对器皿进行再加热。

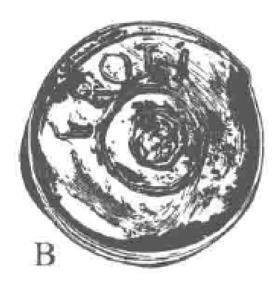
338

(a) 加层或套料 在罗马时代早期的亚历山大和意大利玻璃制品中，这种非常难的技术方法使用得特别普遍。它要求在内层玻璃体[1]上熟练地覆上一层至数层玻璃，各层既要紧密结合又不能相互渗透。有的时候，这些器件不作进一步修饰。另一些时候，特别是在著名的“浮雕”玻璃制品上，花卉或人物图案通过雕刻被凸现在外层或多层玻璃上。这样，在波特兰花瓶（图版26A）的深蓝色底色的衬托下，不透明的白色玻璃上出现了神话图案。

(b) 马赛克玻璃 这里指将所有彩饰玻璃片拼起来的整块玻璃（图版24E、图版28A—28E）。有些是把一些小玻璃段熔接在一起产生花卉或其他图案（图版28A），一般叫千花玻璃，有的是把两种或更多种颜色的玻璃混熔出大理石花纹（B）或斑纹（C）图案，有的是通过把玻璃棒同螺旋形的痕迹熔在一起形成花边形状（D），还有一些是把

1 玻璃制作者的术语，指的是集聚在吹管上的玻璃体。





339

图 314 (A) 有模吹制法制作的蓝绿色玻璃罐。由弗朗蒂努斯 (Frontinus) 在他北部的加利克工场中制作。约 300 年。(B) 在玻璃罐底部，刻有玻璃制作者的名字 FROTI(FRONTINUS 的缩写)。

多种颜色的熔化的玻璃条和玻璃片拼缀成的线条图案(E)。最后一种类型常常包括镀金的玻璃。虽然早在公元前第二个千年，美索不达米亚和埃及就已经有了马赛克嵌镶式玻璃，但这种制作器件和镶嵌用的玻璃主要集中在约公元前 25 年到 100 年(边码 322、边码 335)的亚历山大和意大利。有些昂贵的马赛克玻璃，相信只有在皇帝的卧室或餐桌上才会使用。到 2 世纪，曾经停止制作较精致的马赛克玻璃，但简单品种的马赛克还在继续制作。在阿拉伯时代早期，这项技艺得到了全面恢复[38]。

(c) 模压纹饰 罗马及其以前时期的模压玻璃几乎没有什么纹饰，通常是在出模后经切割和打磨而成。当然，这种方法并不适合做有人像和有纹饰的器件，有图案的玻璃制品就像陶器和金属制品一样，图案是在模具中便生成的。

另一方面，有模吹制工艺实质上是在吹制玻璃时使用了模具，通常有两种方式。第一种(图版 27D，图 314)是直接在模具上刻出最终图案(比方说人头、木桶、一组球形雕饰)，玻璃制品出模后即可成形。第二种方式(图版 25E，图 315)中的模具是有沟纹的或菱形花纹的圆柱形或其他简单类型，出炉后再吹制器皿。通过这种方式，器皿狭窄部分的模纹收缩或拉长，球形部分的模纹则胀起。第二次吹制时，可以通过旋转器皿使原先垂直的沟纹变成盘绕状。这种方法的不同之处在于第一次是用

340

有饰纹的模具吹制的，第二次用的则是光模，这样使得器皿内外壁均出现棱纹，这叫“目视”吹制法[53]。从罗马时期开始，形形色色的

有模吹制出现在玻璃制造的各个时期以及世界各国。

(d) 条纹和斑纹的应用 这一方法最早出现在埃及第十八王朝砂芯器物上的梳形痕及其他圆点、圆圈等的应用。到罗马时代，它仍然是装饰砂芯器件的常规方法，很快被吹制玻璃业所采用（图版 27C、27F）。亚历山大的模压法没有采用这种方法，但罗马的玻璃吹制匠后来却很推崇它。叙利亚的玻璃业和其在 2 世纪的科隆分支（图 316）经常把条纹运用得出神入化，特别是在 200 年前后制作的名为“蛇纹”的器物上。西方的法兰克和墨洛温（图 317）以及早期阿拉伯的玻璃制品（图 308），条纹装饰也经常被采用。甚至连常规条纹在器物上的应用，也是一种有难度的工艺。当器件在吹管里旋转时，需要十

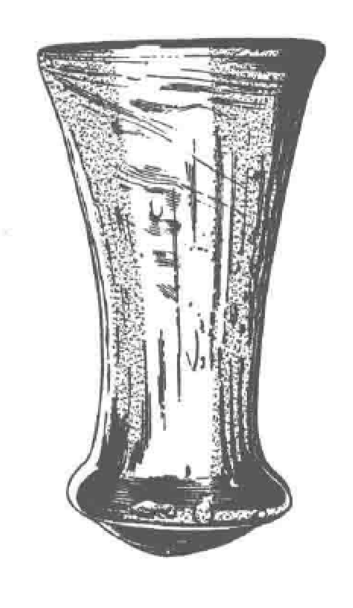


图 315 橄榄绿的钟形大口玻璃酒杯。出自肯特郡的法弗舍姆，显示了模制前的沟纹。6 世纪。



图 316 两个有“蛇纹”图形的无色玻璃瓶。
（左）来自叙利亚，（右）来自科隆，它们都有无色的条纹。
2 世纪晚期到 3 世纪。

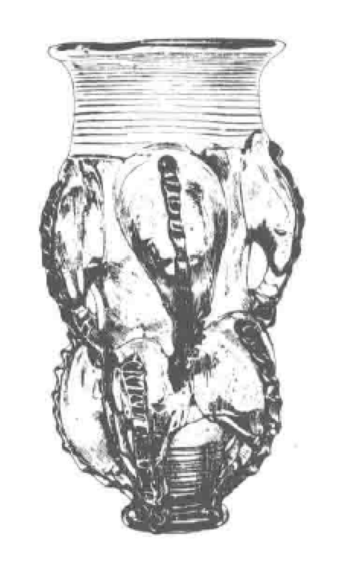


图 317　绿色爪状大口玻璃酒杯。
带有蓝色的条纹，出自达勒姆的伊登城堡。
5 世纪晚期到 6 世纪。

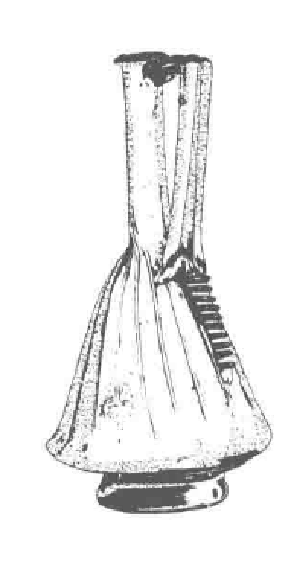


图 318　棱纹装饰的玻璃罐，西罗马。
1 世纪。

分灵巧地操纵一根又长又细的黏性玻璃丝，在器身上逐滴加入黏性玻璃，然后重新加热玻璃器件，以使它们能扩散并熔入器壁。条纹和斑纹或者形成浮雕，或者形成大理石般的纹路。条纹既是给器件加把手的常规方式，也是粘上基础环的常用方法。

(e) 工具印纹（棱纹、突起和压痕）　玻璃工匠用铰刀（边码 332）和铁钳为器皿的边缘、颈和底座制作不同的样式，也用铰刀和其他工具制作垂直的棱纹（图版 27C，图 318）和压痕，用铁钳夹出突起甚至短棱（图版 27E，图 319）。这些方法的应用都有实物为证，无须赘述。

341



图 319　突起装饰的绿色玻璃碗。出自叙利亚，
2—3 世纪。

(f) 切割　这是最普通的方法之一，同时也是装饰玻璃最精致和最成功的方法。古代工匠很快意识到了这一点，一直用这种方法修饰石制器皿和器件。最先成为玻璃器件的雕刻者的，应该是宝石匠和石匠。皮特里[13]提到了从埃及第十八王朝的埃尔阿

马纳遗址出土的切割类型的玻璃制品，但就我们所知，最早的名副其实的雕刻玻璃是公元前4世纪有花瓣装饰的以弗所碎片（边码321）[21]。带图案的玻璃制品的出现晚于公元前1世纪的浮雕玻璃（图版26A），但从那时起，它常常是最精致的品种，在整个罗马时期都很流行。这种类型的雕刻方法分为三步：（i）用轮子、水和砂打造出水平面和凹面（图版26B，图320—321）；（ii）浮雕切割用的是轮子，在笼形杯上体现出了最精致的技艺（图306），仅通过若干个小连接桥把杯底和一个几乎独立的图案连接起来；（iii）用燧石和其他工具雕刻（图版26E，图322）。古代的人们还不知道钻石是一种特殊的石头。在东方，所有这



图320　小平面装饰的无色雕刻玻璃杯。亚历山大或意大利的制品，1世纪。



图321　雕刻有希腊神话林修斯（Lynceus）和波托斯（Pothos）浮雕的无色玻璃碗。亚历山大制品，2世纪。



图322　刻有打猎场面的雕刻玻璃花瓶。上面用希腊文写着“饮料、健康外加运气”。出自叙拉古附近的基亚拉蒙特古尔菲，4世纪。

三种雕刻方法都被用来制作后罗马时期的玻璃制品，但直到中世纪后期，这些技法才被再次引入西方。

(g) **彩绘、上光、添彩** 最早在玻璃上绘画的例子是约公元前1500年图特摩斯三世(Thothmes Ⅲ)的玻璃罐(图版24D)，这显然是一件珍品。直到罗马时代，彩绘玻璃才成为一般的装饰类型。我们拥有很多这样的罗马彩绘玻璃。其中大部分都是用瓷釉颜料画的(图版27A，图301)，再通过重新加热烧结在玻璃上。这种瓷釉颜料不易烧结在玻璃上，但可在画面上覆盖一层无色玻璃保护层，透过玻璃可以看到画面。例如，在塞浦路斯发现的一套盖子(图版25C)，上面饰有丘比特(Cupids)和葡萄及其他物体[27]。就像雕刻一样，彩绘玻璃在后罗马时期的东方一直持续发展着，特别值得一提的是阿拉伯时代初期制作的那组具有光泽的碗(图版25D)。它在8—10世纪时被近东国家大量制作，并显然模仿了有色泽的陶器(边码303及以后)。后罗马时期最重要的彩饰玻璃是阿拉伯彩饰玻璃。从12世纪晚期到14世纪，这些玻璃大部分在叙利亚制作。它们的装饰没有采用罗马玻璃中使用的瓷釉颜料，而是应用了可就地烧结的粉状的真正瓷釉。与罗马彩绘玻璃的暗淡外表形成鲜明对比的是，后来制作的彩绘器件光彩照人。

342

(h) **镀金** 前文曾提到将镀金玻璃嵌入马赛克玻璃中(边码338)。大约在同时(可能更早)，出现了一套带有精致花卉金箔图案的玻璃杯，金箔贴在内层玻璃外面，并用一层无色的玻璃紧贴在金箔部分上，出自卡诺萨的两件制品也是如此制成(图版25B)[54]。这些并不是真正的封盖式玻璃制品(边码338)，因为镀金箔片在内部，而且还不清楚这种玻璃是怎么做的。但一般来说，它们是3世纪和4世纪里应用很普遍的典型的镀金夹层玻璃杯(图版27B)，两层无色玻璃间有圆形纹饰和通常是彩色的镀金层。有时(不很普遍)，这些镀金层粘在外层玻璃的内面，图案就画在镀金层的背面，再覆上内层玻璃。微微加热玻

璃的内外表面，两层玻璃便黏合在一起了。

没有玻璃夹层，镀金层也能使用，它可以简单地粘在器皿的表面。然而，这是很少见的。镀金层可能是粉状金属屑或悬置的小片金叶，以低温焙烧结合到玻璃表面。一些用这种方式制作的玻璃制品，例如精美的达夫尼玻璃罐（图版 27A）[29]，明显较好地保持了镀金层。

343

相关文献

[1] Johnson, R. P. 'The *Compositiones Variae* from Codex 490, Biblioteca Capitolare, Lucca, Italy. An introductory study.' Ill. Stud. Lang. Lit., Vol. 20, no. 3. University of Illinois Press, Urbana. 1939.

[2] Lucas, A. *J. Egypt. Archaeol.*, **22**, 141–64, 1936.
Beck, H. C. *Ancient Egypt*, 69–83, December 1934.
Idem. Ibid., 19–37, June 1935.

[3] Lucas, A. 'Ancient Egyptian Materials and Industries' (3rd ed.), pp.184–92. Arnold, London. 1948.

[4] Woolley, Sir (Charles) Leonard 'Alalakh: an Account of the Excavations at Tell Atchana in the Hatay, 1937–49', pp. 299 f. Res. Rep. Soc. Antiq. Lond., no. 18. 1955.

[5] Lucas, A. See ref. [3], pp. 190–2.

[6] Gadd, C.J. and Thompson, R. Campbell. *Iraq*, **3**, 87–96, 1936.

344

[7] Moore, H. *Ibid.*, **10**, 26–33, 1948.

[8] Goldman, Hetty (Ed.). 'Excavations at Gözlu Kule, Tarsus, I. The Hellenistic and Roman Periods.' Institute for Advanced Study, Princeton. 1950.
Charleston, R. J. 'Roman Pottery', pp.24 ff. Faber and Faber, London. 1955.

[9] Jope, E. M. *Archaeol. News Letter*, **2**, 199–200, 1950.

[10] Lucas, A. See ref. [3], pp. 392–4, 550.

[11] Vitruvius, *De architectura*, VII, xi. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 122 ff., 1934.)

[12] Jope, E. M. and Huse, G. *Nature*, **146**, 26, 1940.

[13] Newberry, P. E. *J. Egypt. Archaeol*, **6**, 155–60, 1920.
Beck, H. C. *Ancient Egypt*, 7–21, June 1934.
Lucas, A. See ref. [3], pp. 207–21.
Fossing, P. 'Glass Vessels before Glass-blowing.' Munksgaard, Copenhagen. 1940.
Petrie, Sir (William Matthew) Flinders. 'Tell el Amarna', pp. 25–30. Methuen, London. 1894.

[14] Starr, R. F. S. 'Nuzi', Vol. 1, pp. 457 ff. Harvard-Radcliffe Fine Arts Series. Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1937.

[15] Fossing, P. See ref. [13], p. 26.
Tufnell, Olga *et al.* 'Lachish II', Pl. xxiv. Wellcome-Marston Archaeol. Res. Exped. to the Near East Publ. 2. Oxford University Press, London. 1940.
Woolley, Sir (Charles) Leonard. See ref. [4].

[16] Schaeffer, C. F. A. 'Enkomi-Alasia. Nouvelles missions en Chypre, 1946–50', pp. 210–14. Publ. Miss archéol. franç. et Miss. Gouvt de Chypre à Enkomi, Vol. 1. Klincksieck, Paris. 1952.

[17] Lucas, A. *Ann. Serv. Antiq. Égypte*, **39**, 227–35, 1939.

[18] Beck, H. C. and Stone, J. F. S. *Archaeologia*, **85**, 203–52, 1936.
O' Neil, B. H. St. J. and Stone, J. F. S. *Antiq. J.*, **32**, 21–34, 1952.

[19] Fossing, P. See ref. [13], pp. 36, 42 ff.

[20] Harden, D. B. *Antiquity*, **22**, 147, 1948.
Scylax (Ps.-) *Periplus maris ad litora habitata Europae et Asiae et Libyae* in *Geographi graeci minores* (ed. by C. Müller), Vol. 1, pp. 15 ff. and especially p. 94, para. 112. Didot, Paris. 1855.

[21] Fossing, P. See ref. [13], p. 84.

[22] Dehn, W. *Germania*, **29**, 25–32, 1951.

[23] Smith, R. W. *Bull. Metrop. Mus.*, **8**, 49–60 (esp. 51–52), 1949.

[24] Harden, D. B. *J. Rom. Stud.*, **25**, 164–86, 1935.

[25] Simonett, C. 'Tessiner Gräberfelder.' Birkhäuser, Basel. 1941.

[26] Kisa, A. 'Das Glas im Altertume', pp. 163–255. Hiersemann, Leipzig. 1908.
Morin-Jean. 'La verrerie en Gaule sous l' empire romain.' Laurens, Paris. 1913.

[27] Vessberg, O. *Opuscula Archaeologica*, Vol. 7, pp. 109–65. Skr.utg. Svonska Inst. i Rom. 1952.
Davidson, Gladys R. 'Corinth XII. The Minor Objects', pp. 76–122. American School of Classical Studies at Athens, Princeton. 1952.
Brock, J.K. and Young, G. M. *Annu. Brit. Sch.*

Athens, **44**, 1–92, 1949.

[28] Hackin, J. 'Recherches archéologiques à Begram.' Men. Délég. archéol. franç. *Afghanistan no. 9*. Éditions d' art et d' histoire, Paris. 1939.
Idem. 'Nouvelles recherches archéologiques à Begram.' *Ibid.*, No. 11. 1954.
Caputo, G. *Mon. ant.*, **41**, 201–442 (esp. 391–9), 1951.
Curle, J. *Proc. Soc. Antiq. Scotld.*, **66**, 277–397 (esp. 290–6), 1932.
Eggers, H.J. 'Der römische Import im Freien Germanien.' Hamburg Mus. f. Völkerkunde u. Vorgeschichte, Publ. no. 1. Hamburg. 1952.

[29] Musée de Mariemont. 'Catalogue des verres antiques de la collection Ray Winfield Smith' , p. 27, no. 123, Pls iv–v. Duculot, Gembloux. 1954.

[30] Harden, D. B. 'Roman Glass from Karanis.' University of Michigan Humanistic Series, Vol. 41. University of Michigan Press, Ann Arbor. 1936.

[31] Thorpe, W. *Trans. Soc. Glass Tech.*, **22**, 5–37, 1938.

[32] Fremersdorf, F. 'Römische Gläser aus Köln' (2nd ed.). Völker-Verlag, Cologne and Leipzig. 1939.
Idem. 'Figürlich geschliffene Gläser.' Röm.-Germ. Forsch., no. 19. De Gruyter, Berlin. 1951.

[33] Rademacher, F. *Bonn. Jb.*, **147**, 285–344, 1942.
Harden, D. B. "Glass vessels in Britain, a.d. 400–1000" in 'Dark-Age Britain. Essays presented to E. T. Leeds' (ed. by D. B. Harden), pp. 132–67. Methuen, London, 1956.

[34] Trowbridge, Mary L. 'Philological Studies in Ancient Glass' , pp. 113–14 (citing the original texts). Ill. Stud. Lang. Lit., Vol. 13, nos. 3, 4. University of Illinois Press, Urbana. 1930.

[35] Steinhausen, J. *Trierer Z.*, **14**, 29–57, 1939.Arbman, H. 'Schweden und das Karolingische Reich' , pp. 26–86. K. Vitterhets Hist. Antik. Akad. Handl. 43. Stockholm. 1937.

[36] Winbolt, S. E. 'Wealden Glass.' Combridges, Hove, 1933.
Thorpe, W. A. 'English Glass' (2nd ed.), pp. 79–93. Black, London. 1949.

[37] Victoria and Albert Museum Handbook. 'Glass' , by W. B. Honey, pp. 55–56. H.M. Stationery Office, London. 1946.

[38] Lamm, C. J. 'Das Glas von Samarra.' Reimer, Berlin. 1928.
Idem. 'Mittelalterliche Gläser und Steinschnittarbeiten aus dem nahen Osten' (2 vols). Reimer, Berlin. 1929–30.
Idem. 'Glass from Iran in the National Museum, Stockholm.' Fritzesbokh, Stockholm. 1935.
Honey, W. B. See ref. [37], pp. 35–54.

[39] Harden, D. B. *Iraq*, **1**, 131–6, 1934.

[40] Davidson, Gladys R. See ref. [27], pp. 83–90.
Idem. Amer. J. Archaeol., **44**, 297–324, 1940.

[41] Thompson, R. Campbell. 'On the Chemistry of the Ancient Assyrians.' Luzac, London. 1925.
Idem. 'Dictionary of Assyrian Chemistry and Geology.' Clarendon Press, Oxford. 1936.

[42] Trowbridge, Mary L. See ref. [34], pp. 96–101.

[43] Neumann, E. and Kotyga, G. Z. *angew. Chem.*, **38**, 776 ff., 1925.
Parodi, H.D. 'La verrerie en Égypte.' Thesis, Grenoble. Cairo. 1908.
Lucas, A. See ref. [3], pp. 537–40.
Lal, B. B. *Ancient India*, **8**, 17–27. 1952.

[44] Farnsworth, Marie and Ritchie, P. D. *Tech. Stud. fine Arts*, **6**, 155–68, 1938.

[45] Faider-Feytmans, G. *Rev. belg. Archéol. Hist. Art*, **10**, 4, 1940.
Salin, E. 'Rhin et Orient. Le haut Moyen-Age en Lorraine d' après le mobilier funéraire' , pp. 46–50, 177–213. Geuthner, Paris. 1939.

[46] Seligman, C. G. and Beck, H. C. *Bull. Mus. Far East. Antiq.*, **10** , 1–64, 1938.

[47] Lucas, A. See ref. [3], p. 220.

[48] Chambon, R. 'L' Histoire de la verrerie en Belgique du IIme siècle à nos jours' , p. 30 and frontispiece. *Librairie* Encyclopédique, Brussels. 1955.

[49] Winbolt, S. E. See ref. [36], pp. 58, 79.

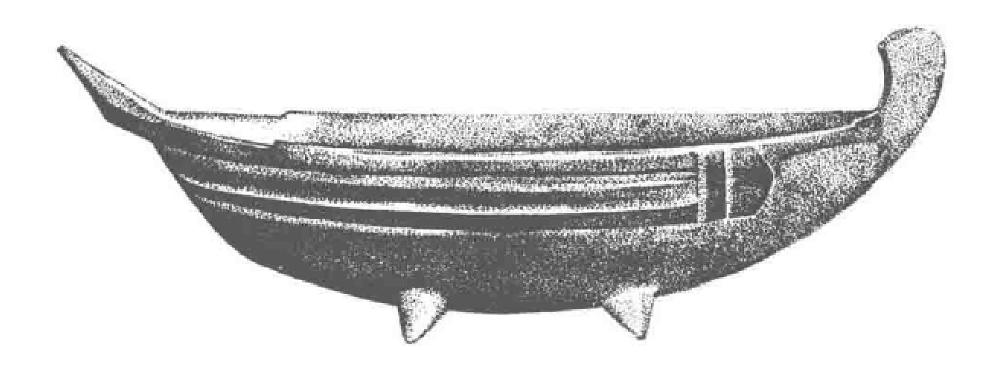
[50] Fowler, J. *Archaeologia*, **46**, 65–162, 1881. Harden, D. B. See ref. [30], pp. 8 ff.

[51] *Idem.* See ref. [30], p. 11.

[52] Fossing, P. See ref. [13], p. 26. Vessel from Kakovatos, claimed to be moulded, but which is more likely to be cold-cut.

[53] Lamm, C. J. 'Glass from Iran' , p. 10. See ref. [38].
Idem. 'Das Glas von Samarra' , p. 40. Reimer, Berlin. 1928.

[54] Dalton, O. M. *Archaeol. J.* **58** , 225–53, Pl. v. 1901.



深绿色船形碟子，铸造冲压成型并磨光（边码 322、边码 335）。1 世纪，可能是亚历山大时期的。

第10章　前科学的工业化学

F. 舍伍德·泰勒(F. SHERWOOD TAYLOR)
查尔斯·辛格(CHARLES SINGER)

10.1　化学工业的方法

347

无论是在古代还是在中世纪，都不存在化学这样的独立科学(independent science)概念，也不存在工业化学这样一门技艺(art)。直到16世纪，人们才朦胧地意识到这些观念。然而，在这段很长的时期里，工匠们一直都在做一些今天工业化学家所做的工作。在从事较大规模的工业生产以前，工匠或指导工匠的人常常在实验室小规模地试验多种方法。正如现在一样，某些产业总是习惯性地热衷于把一种化学物质转变为另外一种。

在这些产业中，最重要的是与制造下列物质有关：金属(第2章)；碱(边码354)、肥皂和其他清洁用品(边码355)；酸(边码356)；陶瓷(第8章)和玻璃(第9章)；颜料、染料和媒染剂(边码359)；易燃物、引燃物和爆炸物(边码370、边码374及以后)；药品、食品和酒精饮料(第4章)。所涉及的前科学化学工艺(pre-scientific chemical processes)大致可以分为两类，一类是高温条件下的，另一类是溶液、常温或相对低温条件下的。

高温下的化学工艺　这种工艺主要用于冶金、陶瓷、玻璃、烧制石灰和制造某些颜料，主要器具是炉子。炉子有两种主要的类型，第一种有一个燃烧炉膛，火焰和热气由此进入另一个装有待加热物质的

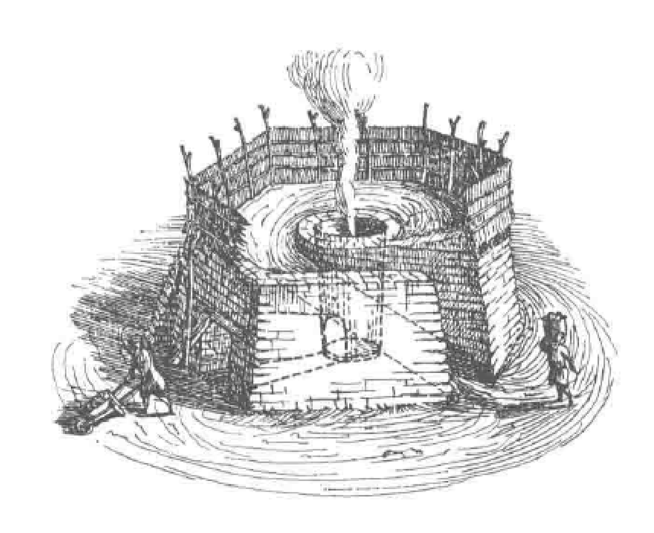


图 323 根据小特尼尔斯（David Teniers the younger，1610—1690）的一幅绘画复原的石灰窑。
白垩或石灰石运到装料台（虚线表示），堆放在平台上，并用栅栏圈起。中央火焰从通道中冒出，石灰就在这里不断地生产出来。

炉膛；第二种是把待加热的物质与燃料混在一起烧，或是用燃料围着它烧。前一种类型用于烧制玻璃与陶瓷，两个炉膛有时候竖直地叠加在一起（图 287），有时候则水平地放置在一起（图 281）。通常的燃料是木柴，它所产生的熊熊火焰能够蹿入第二个炉膛。煤尽管曾经用于其他的工业目的，但显然不适于烧制玻璃和陶瓷。至于第二种类型的炉子，则以这一时期冶金工匠的熔炼炉（图 38）、石灰窑（图 323）以及铸造车间（图 34、图 35）为代表。

348

温度的保持依赖于燃料和通风。16 世纪以前，打铁一直倾向于使用煤而非木炭，但除此之外却很少使用煤。通风不是依靠高大烟囱，而是依靠炉子所处的位置能让风进入通风孔，或者使用风箱（图 36），再不然就增加炉子的高度（图 38D）。在 15 世纪，由于发明了以水力驱动的机械式操作风箱（边码 73），火炉的温度很快就提高到能够熔化铁的程度（边码 74）。

坩埚由各种耐火的陶土制成。我们知道所用的有白陶土，以及把烧过的和未烧过的陶土混合在一起的材料，还有一种不会吸水且耐火的硬石。可能还有石英，但它也许只用于制造小坩埚。

低温下的化学工艺 这种工艺在装液体的大容器内进行，容器是染色匠、酿酒师和制取肥皂、明矾、硝石等工匠所使用的。通常由红铜或黄铜制成的大锅安放在砖上，很像今天的老式“铜锅”（图 324）。不需要外部加热的大器皿通常由桶板制成，例如木桶、粗腰桶、木缸和大桶（图 328）。此外，铅罐也被广泛使用。

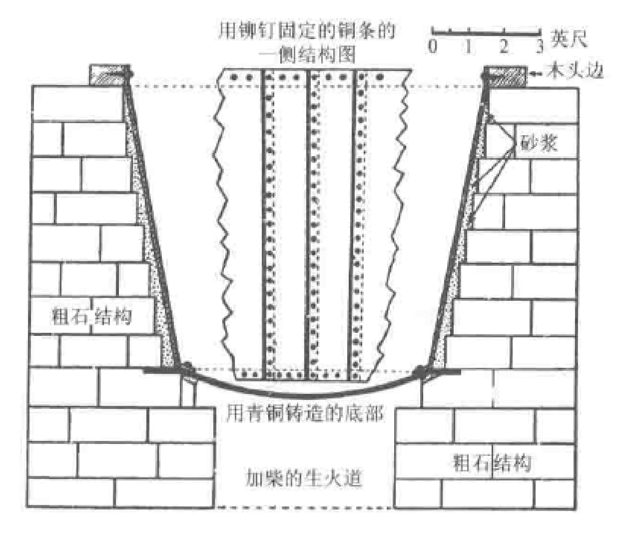


图 324　根据不同的中世纪的描述复制的传统明矾锅。

在古代和中世纪，蒸馏都是小规模进行的（第 21 章）。蒸馏器装不了几加仑溶液，反应容量往往比这还要低得多。蒸馏器用陶土、铜、铁或玻璃制成，蒸馏头则由铜、白镴或玻璃制成，玻璃的蒸馏器身显然是中世纪后期的产物。为防止温度的突然变化，蒸馏器应当小心防护，因而常常要覆一层陶土、马粪、血或其他物质构成的封泥。通常的方法是在加热时把蒸馏器埋置在沙或灰中，也可以把它浸泡在一个热水池中（图 660、图 663）。还有另一个方法，就是把蒸馏器放在一个空的陶壶中，让它的周围充满空气。在约 1500 年以前，蒸馏头有时候是用水冷却的，但没用循环水。捣碎工序用手工在研臼里完成（图 339），但有时也用重力或水力带动的碓（图 345）来代替普通的杵。磨坊（图 325）还曾经被用于研磨鞣料树皮和菘蓝等。　349

工业生产过程之所以局限于在我们看来是一个较小的规模上，很大程度上不是因为建造大工厂的困难，而在于操作所有的工序都要依靠人力。尽管很早以前人们已经就使用了水磨（边码 608），在 14 世纪又发明了风磨，但它们主要都用于磨玉米，只是偶尔用于像布匹漂洗这样的工业过程（图 187、图 553）。

350　工业化学有一个理应指出的方面，它实际上是具有普遍性的工业生产过程。一种制备方法一旦确立，可能就会在某种程度上一直延续几百年，甚至上千年，直到它逐渐被取代。这里仅举一个例子来说明。在遥远的古代，人们就发现用媒染剂处理织物后，染色过程会加快，颜色会更鲜亮（边码 366 及以后），最常见的媒染剂是在自然界里能找

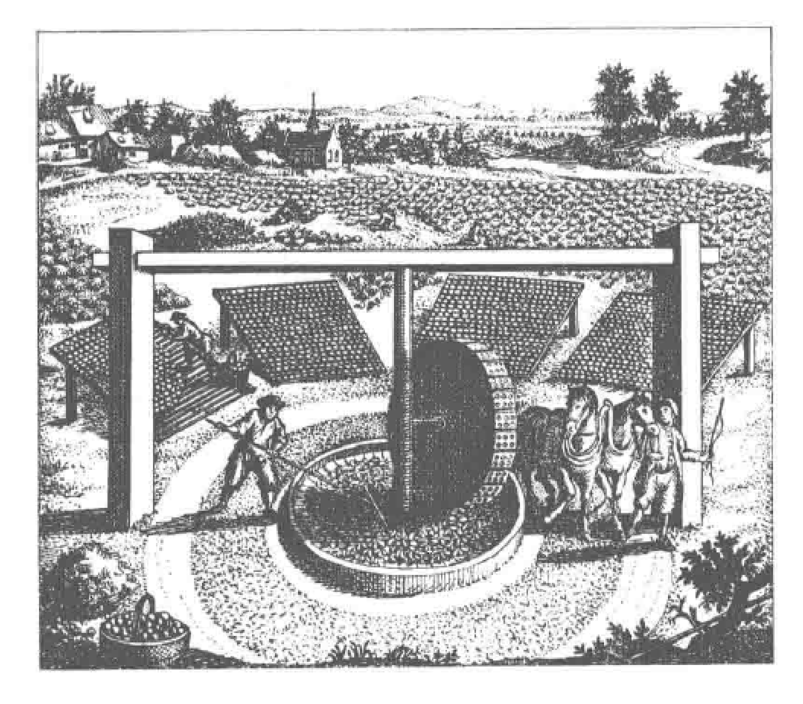


图 325　制备菘蓝，1752 年。
背景是种植的菘蓝。这些叶子被摘下、堆放、铲到磨坊里面（前景所示）进行被粉碎和研磨。产品被堆放起来（前景左方）并晒干。然后将它们滚成球状，再进一步在图中间位置的架子上烘干。

到的天然明矾。然而，靛蓝其实不需要用媒染剂处理，因为无法从中获得鲜亮的颜色。但是，从古埃及时期起，人们用靛蓝染织物时却经常用媒染剂加以处理，这样既非常麻烦又很昂贵。在一些落后的地区，这种习惯几乎一直延续到了我们这个时代。与此相似，守旧的现代皮革工人所知的材料、方法甚至工具，都是公元前好几个世纪以前的皮革匠所使用过的（图 107、图 130）。现代手工工匠的守旧性可以写成一本书，读者可以从本书中了解到无数这样的例子。

10.2　技术资料的来源

古希腊和古罗马的化学技术主要来自更古老的文明。我们这里指的资料主要是对古代材料系统的化学和物理学检测。这是一个费时而艰苦的过程，尽管我们做了大量的工作，却仍然不知道许多基本事实。大部分古老的技术实践通过口头相传一直延续到了中世纪，其中只有一小部分才能在文献记录中找到相关描述。具有化学特点的配方记录

存在于早期的一些集子，这些东西一直可以追溯到古希腊和罗马的传说。

在这些集子中，最大的一部是普林尼（Pliny，卒于79年）所著的《自然史》（*Historia naturalis*），这一巨著由37卷组成[1]。尤其是最后7卷，散布着大量的配方以及对化学过程的描写，不仅包括了他那个时代里许多时髦的东西，也包括了大量甚至在他那个时代也纯粹是历史趣味的东西。普林尼的著作既不是科学的，也不是批判的，甚至也不具有实践性的知识，但是在记载古代技术方面，却具有不可比拟的、独一无二的权威性。

埃及手工工匠大量的传统化学技术汇集于使用希腊语的亚历山大，这也许早在公元前3世纪起就开始了[2]。普林尼至少获得了一部包括有这些资料的作品。还有一些包含用希腊文写的“配方”的纸莎草文稿也幸存下来了，记录时间也许在古希腊后期，也许在1世纪或2世纪。它们包括了许多更加古老的资料，因此也能代表古埃及的技术传统。10世纪和11世纪用希腊语记录的几种抄本也必须归入此类，它们的根据是与上述纸莎草文稿同时代的文本。这些书中包括了金匠和染工的许多配方。此外，还有拜占庭的马库斯（Marcus Graecus，约1250年）所作的《启蒙智书》（*Liber ignium*）[3]。

351

在用拉丁文写就的手工工匠手册中，最早的文本被称为《彩色马赛克的配方》[4]。它的相关部分是600年在亚历山大汇集的，大约200年后被翻译成拉丁文。尽管有着前穆斯林的源头，它仍显示出一些阿拉伯风格。有一些关于染料的术语是阿拉伯语或波斯语，例如*luza*是黄木犀草，*lulax*是靛蓝，*lazure*是源于“天蓝色”。另一个文本《制金秘方》（*Mappae clavicula*）在800年的意大利南部编辑[5]，其中提到的许多材料都是东方的，起源于亚历山大、埃塞俄比亚、波斯和卡帕多西亚等地。

大约950年，特奥菲卢斯的《不同技艺论》（*Schedula diversarun*

artium)[6]在德国结集，可能也是源于很古老的资料。有迹象表明，一般认定这本书作者是一位移居中欧的拜占庭僧侣。希拉克略的《罗马人的绘画和艺术》(*De coloribus et artibus Romanorum*)[7]是一本工匠的工作手册，与前面所述的书出于同一时代，或许稍后一点。最后，在所有早期中世纪的著作中，有一本是一位工匠在1130年前后用加泰罗尼亚语写成的[8]，内有许多颜料、染料、墨水、油漆和胶的配方。

回到12世纪末或13世纪初，我们就进入了一个非常不同的书籍世界，有丰富的阿拉伯技术著作的翻译本、改写本和改编本。这种情况一直持续至15世纪印刷时代到来，并且在以后继续下去。书中有许多关于炼金术的内容，有着强烈的炼金术色彩。这里我们并不十分关注炼金术的历史或是炼金术的本质，而是关注与阿拉伯世界相联系的那些产品[9]。我们感兴趣的是技术史，大量的、无组织的炼金术实验(alchemical experiments)导致的器具发明，从而使科学的化学(scientific chemistry)在长期的演化中逐渐形成(第21章)。

如果说13世纪以前在技术方面缺少文献资料，那么技术资料自那以后成批地大量出现，以至于历史学家感到难以筛选。在欧洲的大图书馆中，藏有数千册关于各种配方的手稿，从大约1200年一直到1500年，其中大不列颠图书馆就藏有几百册这样的手稿和集子[10]。固定的中世纪生活方式已经成熟，并且带来了富足和舒适。工匠的数量和相关文字材料都在增加，许多配方被一代一代地重复使用。在集子中，从古代继承而来的配方仍被保留下来，并与后来吸引人的那些东西混合在一起。13世纪到15世纪的配方书数不胜数，全部进行讨论是不可能的，只要两本就足够了，一本属于这一时代的开始，另一本则属于这一时代的结束。

352

《教士智书》(*Liber sacerdotum*)是拉丁学术时期早期最为典型的代表作[11]，囊括了超过200个专业配方。许多配方都可以追溯到公

元初始几个世纪亚历山大居民的实践，另一些则与更古老的埃及方法有联系，并且提供了一些关于这些技术传统的连续性的证据。这本书中的配方是由一个阿拉伯作者从不同时代的著作中精选出来的，整本集子的要义最终在 13 世纪上半叶被翻译成了拉丁文。这一文本充满了稀奇古怪的术语，而且大量是用阿拉伯语的拙劣的音译和一些从阿拉伯语中借来的糟糕的希腊语，甚至还包括了一小部分关于冶金和化学术语的阿拉伯—拉丁文词典。这些配方很自然地分为四类，其中的内容就是编者自己组合的：

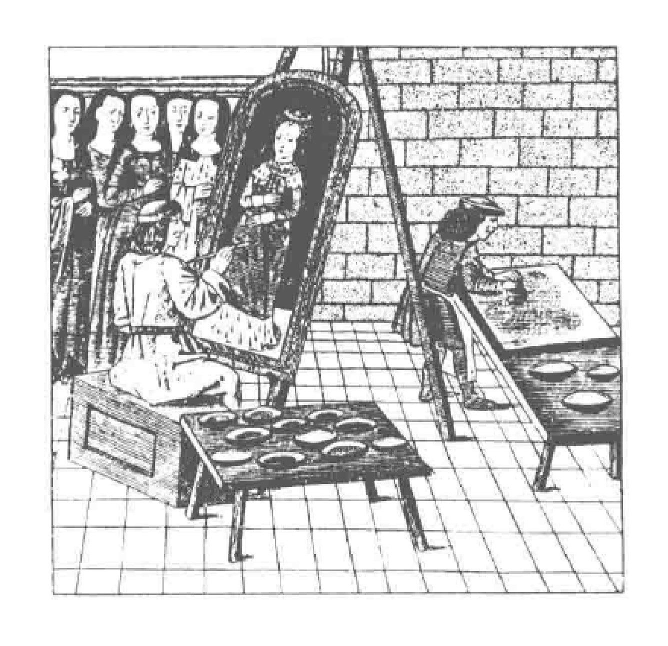


图 326　在布料上为一位女士描绘画像。摘自 15 世纪佛兰芒的手稿。画师正在一块木板上作画，助手已经将作画用的颜料放在了小碟子里，正在用石膏以琴尼尼建议的方式给另一幅画打底子。

(a) 将“贱”金属“变”成“贵”金属的描述说明。

(b) 一小部分关于焊接的配方，与《制金秘方》属于同一类。下面的例子可以为此提供证明：

铜的焊接：取三份锡、一份优质铅。把锡熔化，并加入铅，像银那样处理，如果需要可以借助锤打，然后就把此焊料涂抹在你想要焊接的物品上，并在上面加入硼砂水，在文火上熔化这些焊料的粉末。

(c) 对金属“硫”(边码 736) 化物 (如一种白铁矿)、未经加工的氧化锌 (阿拉伯语 *tutya*，氧化锌)、硫酸盐、硫化锑 (阿拉伯语 *kuhl*，辉锑矿或方铅矿)、朱砂 (阿拉伯语 *zinjafr*)、黄丹的一系列操作，主要是对“银硃”(边码 361、边码 366)、铅丹 (边码 361)、雌黄、浮石的矿

石里提取金和银的废料的再利用。以下是一个简单的例子：

如何准备氧化锌。氧化锌必须在火上加热至冒烟，呈现出金黄色，边烧边在上面浇醋锤打（金黄色的氧化锌非常硬），然后晾干。再加热，再浇醋锤打，如此重复7次。

(d)对本章几乎没有涉及的有机物的许多模糊的操作。

从15世纪上半叶起，就出现了一本工匠的工作手册，它是由一位高级工匠兼画师琴尼尼（Cennino Cennini，约1370—约1440）仔细汇集的[12]。这本书详细阐明了完整的绘画技巧，以此纪念琴尼尼的师傅阿尼奥洛·加迪（Agnolo Gaddi，卒于1396年）、阿尼奥洛的父亲塔代奥（Taddeo）和塔代奥的师傅——伟大的乔托（Giotto，1267?—1337）。它概要地描述了这些大师的方法，包括几百条为画师和房屋装饰匠写的说明。它的分类不像今天这样分明，方法和概念可以从一段节选中看出：

353

在湿壁上（即在没有干透的、新准备的表面上）画人物衣饰的方法。如果要画衣饰，首先应该仔细地用蜡笔（*verdaccio*）画草图，不能画得太重，要适当。然后拿出3个小盘子，用第一个盘子放入你选的颜色，例如我们选红颜色，就在盘子中放红颜料（*cinabrese*）和一点石灰白，把它们调成一个颜色，然后加水调好。再调出一种比前面更浅的颜料，并在里面加上大量的石灰白。现在从第一个盘子中取一些颜料，也从浅色的盘子中取一些颜料，把它们调成一种中间色。这样你就一共有3种颜色的颜料了。现在先取一些第一种颜料，也就是较深的一种，用一个相当大、相当尖的鬃刷画人物衣饰上褶的最暗的地方。然后取中间色，依次一一涂在深色的线条上，并使之连在一起，使你画的褶与深色的部分混合在一起。然后，用中间色使人物形象轮

廓即将出现的深色部分成形，当然要完全遵循原稿的形状。接着，取第3种最浅的颜料。正如在上面的过程中你已经完成并涂上了衣褶上较深色的部分，现在的任务就是在轮廓上再这样做一遍，并以良好的技法和判断来修改这些褶。当用每一种颜料都涂了两三次，没有因一种色彩侵蚀另一种色彩而影响色彩的连续性（除了它们的交界处之外），你就把它们交融成一体了。接下来，要用第4个盘子调一种比前面3种颜色更浅的颜料来画衣褶的最外层，并在衣褶上投光。还要在另一个盘中调一些纯白的颜色，对所有地方进行确切的成形。最后，用纯红颜料（*cinabrese*）润色黑暗部分和轮廓的一些地方。你现在画好了衣饰，这是有系统地完成的，但是通过观察别人是怎样做的会比阅读文字更好地理解这种方法。当完成了人物或场景后，就要让它晾干，直到所有的灰浆和颜料全部干透（图326）。

10.3 碱、清洁剂、酸

354

苏打和钾碱 这两种物质作为清洁剂需求量很大，在用来制造玻璃、釉面和肥皂时也是如此。它们的来源是天然纯碱、草木灰和烧酒石。

天然纯碱或碳酸氢钠在埃及的许多地方都有大量的发现，尤其是在著名的奈特伦洼地，它位于西部沙漠，与尼罗河三角洲的西翼平行，相距约30英里。这种天然的碳酸盐以“碱”（*nitrun*）闻名，“泡碱”（*natron*）这个词就是欧洲17世纪阿拉伯语 *natrūn* 的异体，拉丁文的“钠”（*natrium*）和钠的元素符号也是如此。尽管在远古时代很重要，但纯碱在中世纪的欧洲没有得到多少应用，虽然当时对钾碱有很大的需求（第Ⅰ卷，边码259—260、边码268、边码270）。

草木灰即“钾碱”，它包含有用的部分碳酸钾，并伴有少量纯碱，除非这种草木灰是从盐碱湿地里生长的植物或是从海草中获得，在这种情况下钠盐的比例要高得多。在北欧，草木灰是制造玻璃、碱液以及肥皂的常用材料，并通过波罗的海国家输入到英格兰。特奥菲卢斯

推荐过用山毛榉木烧成的灰制造玻璃，但欧洲蕨类植物的灰受到格外的青睐。据说，它在英格兰只供一部分人专用。为了清洗的目的，草木灰被放到水中以提取碱液。在肥皂的制造中，石灰被加到木灰中，并加一定量的水，以便把它从混合物中过滤出来，碳酸钾就被转换成了苛性钾（“烈性的碱液”）。这种碱性溶液加热煮沸后，在一些配方中仅仅只是加入油或脂肪，经过搅拌就制成了肥皂。

在地中海地区，有一种据称很高级的产品应用得很广泛，它就是熔化的矮灌木灰，很可能是洗涤碱（*Salsola soda* L）。当从叙利亚和黎凡特进口时，它被称为*polverine*或*rocchetta*。当它从西班牙输入时，又被叫作苏打灰（*barilla*）。它含有20%的碳酸钾，如果再加上一些其他的木灰就能有效地清除各种污迹。除此之外，它含有更多的碱，所以在与脂肪混合时能产出硬肥皂，而不是软肥皂，这是它额外的优越之处。

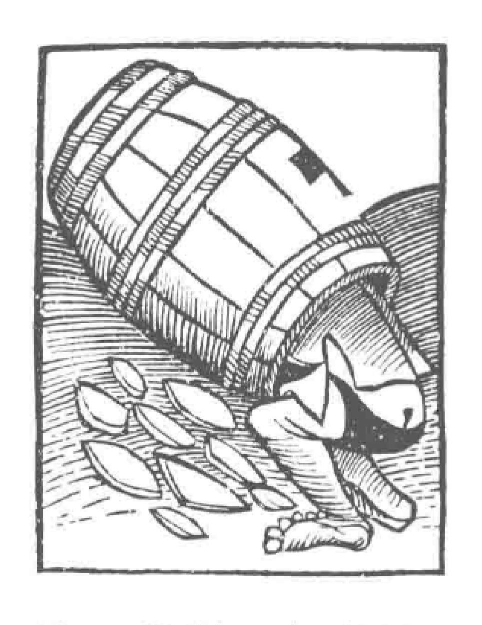


图327 从酒桶里面清理出酒石。来源于斯特拉斯堡的一本印刷书，约1497年。

355

酒石或粗酒石 这种酒桶里的沉淀物（图327）主要是由钾与氢组成的酒石酸盐，煅烧时能产生相当纯的碳酸钾。尽管这种产品有时运用于媒染剂中，但主要还是用于医疗。有时，将酒的残渣晾干、碳化，就会得到一种钾碱含量很高的产品。

氨 在尿变陈的过程中可以大量获得氨。它大量用于清洗油污、制作明矾（边码215、边码368）和颜料（边码361）。

石灰 石灰可通过煅烧白垩或石灰石获得，这是为人所熟知的。烧制石灰的窑很简单，通常是在山坡上挖洞或是建低矮的塔式炉子（图323），以炭为燃料。但在中世纪，煤已经可以得到，所以人们更爱用煤作燃料。石灰被大量用于做石膏、灰浆和砂浆（*attractum*），这是一种最受欢迎的石灰、砂和石头的混合物，用于填充厚墙内部。石灰与砂混在一起

是中世纪主要的胶接材料，不过石膏砂浆也同样被使用。在意大利和地中海的岛屿，火山灰砂浆在水的作用下凝固（边码 407）。它由火山凝灰岩、石灰和砂制成，从远古一直使用到现在，名称（Pozzolana）就来源于那不勒斯附近的波佐利（Pozzuoli）港（图 473）。

清洁剂　清洁剂用于个人卫生和纺织工业。希腊和罗马时期的早期，人们直接用油或在油中混合糠、沙、灰、某些树汁和浮石之类的机械制剂清洁自己的身体。他们喜欢洗热水澡、冲凉以及蒸汽浴，洗手则用各式各样的泥土或黏土。按照我们现代人的看法，他们似乎并不知道肥皂是何物。肥皂可能是条顿人或鞑靼人发明的，它在公元纪年开始的时候才为人所知，起初被视为一种化妆品或一种药品（见下文）。

在古代，洗衣服用漂白土（一种水合铝硅酸盐）和碱。前者用于吸收脂肪，后者则与它形成一种可溶的化合物。经常使用的碱是从尿中制取的氨化物，但有时也使用从泡碱和木灰中提取的碱液。在漂洗作坊，还辅以机械拍打来完成漂洗工作（图 187、图 553）。它们一直使用到中世纪结束之时，这时肥皂成为人们所熟知的商品已经很长时间了。

肥皂　肥皂的起源人们还不是太清楚。拉丁文中的“*sapo*”一词，最早被普林尼用来描述由高卢人发明的一种润发油。当这种东西被广泛地输入罗马时，再把“*sapo*”一词译作肥皂就不太贴切了。第一份相当确切地提到这种译法的参考资料是 385 年前后内科医生普里希安（Priscian）提出的，他说肥皂是用于洗发的。到了 800 年，肥皂的制造在欧洲是很普通的家庭手工。从那时起，我们经常听到“煮肥皂的人”的叫法。至少从 12 世纪起，肥皂就开始大量生产，并成为几个国家主要的出口品，其中最著名的是斯堪的纳维亚。起初，肥皂由动物脂肪制造而成，有一种很难闻的气味。当发现用橄榄油制造肥皂可以克服气味难闻的问题后，许多这种贸易转到了西班牙和地中海区域。

356

硬肥皂 这是地中海沿岸用橄榄油和苏打灰制造而成的产品。它首先由阿拉伯人生产出来，后来由卡斯蒂利亚人、马赛人和威尼斯人制造，并出口到北部的国家。硬肥皂常常气味芬芳，并被视为一种奢侈品。

软肥皂 这是一种典型的钾化合物。至少早在12世纪，北方各国就已开始大量制造这种软肥皂，并用于织物的清洗。当时使用的碱是苛性钾碱液，是用流水冲洗木灰和石灰并从中过滤出来的，脂肪是牛脂、鲸油或者其他的动物脂肪。这种肥皂是工业用品而不是奢侈消费品。16世纪的配方表明，一些肥皂的制造仅仅是简单地把加热的碱液与油搅拌在一起，然后将它静置至变稠。另一些肥皂的制造是把油与弱碱液一起煮，直到它皂化为止。到17世纪，才有了关于盐析工艺的记录[1]。

硝酸 从古代起，酸就一直为人所知。不过，作为一种物质分类，酸的概念是16世纪才发展起来的。在盖博（Geber）的《完美的总结》（*Summa perfectionis*）一书之前，拉丁文著作中没有关于制备硝酸的任何描述[13]，虽然盖博是以阿拉伯姓氏贾比尔（Jābir）署名的。一些专题论文中也曾提到过硝酸，人们曾错误地把这些论文归于卢尔（Ramón Lull，1235?—1315），但这些论文是1330年以后才写成的。硝酸的制备是用事先部分脱水的铝、铜或铁的硫酸盐蒸馏提取硝石（边码370），这需要高温，而且蒸馏器皿必须耐热和耐酸。硝酸的工业用途主要是盐析，或者说是从银中分离出金来，即把银溶解掉而保留金。

王水 贾比尔说，将氯化铵加入硝酸中能够溶解黄金，这是正确的。“王水”这种混合物含有盐酸和硝酸，可用于把银从金里分离出

1 油脂本质上是带脂肪酸的甘油。当碱（如苏打）与脂肪反应，就生成了脂肪酸钠，甘油也一起产生。在早期的肥皂生产过程中，甘油仍然存在于产物之中。但是，这种东西没有洗涤作用，可以通过将盐类加入到肥皂溶液中将它除去。这样，将肥皂从溶液中提取出来后，溶液中会有一定比例的甘油。这个操作可以反复进行，直到将大部分甘油除去。现在，甘油的作用被发现了，它已成为一种有用的副产品。

来。当银被侵蚀并成为不可溶的氯化物沉淀下来时，黄金却溶解为可溶氯化物。银可以通过熔炼氯化物与苛性碱获得，黄金则可以容易地通过蒸发液体并加热残渣重新回收。硝酸适用于把少量黄金从银中分离出来，“王水”则适用于把少量的银从黄金里分离出来。

357

硫酸 硫酸的历史很不清楚，依稀有证据表明它是由像贾比尔一样早的、说阿拉伯语的炼金术士们制成的(边码736)。约1535年以前，人们并不确切知道如何把它分离出来。此后，硫酸要么通过煅烧硫磺并冷凝这样形成的微量酸而得到，要么利用蒸馏绿矾或蓝矾(铁或铜的硫酸盐)去制造。到了17世纪，硫酸才具有了工业上的重要性。然而，无论是在东方还是在西方，硫酸在好几个世纪里都是以蒸气形式使用的，渗碳法中用它与硫酸盐和食盐共热来提纯金子。

盐酸 盐酸的生产过程大致与硫酸相似，直到17世纪才被分离出来并被人类认识。从很早的年代开始，有机酸——例如从酒酸化而来的醋或仅仅是酸葡萄汁——就一直广泛地在家庭中使用(第Ⅰ卷，边码284—285)。

10.4 陶瓷和玻璃

希腊和罗马的红色与黑色陶器是地中海发明的一个组成部分(第8章)。然而，这项技艺在欧洲，后来的发展大多都是被模仿东方瓷器的欲望所激起的，尤其是模仿波斯和中国的那些古代瓷器，其年代大致相当于中世纪早期(第8章)。典型的红陶与黑陶有光滑的表面，但没有真的釉。它是用烧红的黏土制作的，用泥条装饰，泥条里加入了一些碱和有机物而呈液态。它的色彩取决于烧制的条件——还原或氧化。尽管化学变化的性质很自然地并不为人们所理解，但是在作坊中是能够控制这些条件的(边码266)。

当罗马帝国灭亡后，这种陶器的制作秘诀失传了。在中世纪的西方，第一项重要的陶瓷技术进步是西班牙的摩尔人的带釉陶器，它的

知识可能是在约 11 世纪时来源于近东（边码 303 及以后）。釉是在锡或锡与铅氧化的基础上，通过分开或合并煅烧两种金属而制成。钴、锡和铜被用来给釉上色，在陶器的适当部位上面覆以铜银硫化物、赭石和醋的混合物，然后让它们在大气中被还原，就得到了彩虹般的金属或金属硫化物薄膜，整个过程涉及一项有很长历史的非常复杂精细的技术。总的来说，中世纪陶瓷技术受近东的影响很深（第 8 章）。

358

花饰陶器 花饰陶器（*Majolica*）是一种以不透明的含锡白釉为特征的瓷器，发明于 14 世纪，可能是因为马略卡岛（Majorca）而得名。釉的基本成分是钾碱（经煅烧的酒石，边码 354）和纯白沙。白色的珐琅是加入了氧化锡，绿色由铜的化合物产生，黄色来自锑与铅，暗黑色来自红色的氧化铁（铁锈，即 *crocus Martis*），蓝色来自钴蓝（一种钴矿石，详见后文），紫罗兰色则由二氧化锰所产生。

玻璃 尽管在埃及时代以后就为人所知（边码 311），但玻璃特殊的发展应该归功于玻璃吹管的发明。在技术成就的历史中，这一项发明有很高的地位（图 309）。吹制的玻璃器皿大约出现在公元纪年初。特奥菲卢斯（约 950 年）所描述的制造玻璃的方法，可能与此有所不同（第 9 章）。

中世纪的玻璃主要有两类，一类是木灰制作的钾玻璃，另一类是用 *rocchetta* 制成的钠玻璃（图 310），它有时也用泡碱制作（边码 354）。这些玻璃是用所能得到的最白的沙子熔化而成，由于含有少量铁，大多数带一点绿色或棕色。后来，由于加入了二氧化锰——“玻璃制造者的肥皂”，玻璃中的这些颜色被除掉了。总体上说，加工玻璃一般要采用 3 个炉子，第一个是熔化沙子和碱的炉子，第二个是烧玻璃的炉子，第三个是用于退火的炉子。要制成教堂窗子的玻璃板，先要吹成大泡，再用热铁片把大泡锯开，然后把它们展开放在特奥菲卢斯所描绘的炉子里面。佛罗伦萨神父内里（Antonio Neri）的著作（1612 年）[14] 中关于制作玻璃的描述部分表明，意大利和低地国家后

来的玻璃匠很注意生产这种无色的产品，使用的碱是经过仔细再结晶的，硅石则是白色的石英岩粉末。

在古代埃及，将彩色玻璃制成珠宝是很好理解的。至少早在12世纪，就已经用吹出来的彩色玻璃制作教堂的窗子。蓝色玻璃是用“钴蓝”（源自阿拉伯？）上色的，钴蓝是一种通过焙烧含有钴的亚硫酸盐和砷化物的矿石而制成的物质，得到的钴的氧化物中含有各种杂质。制作绿色玻璃则使用了铜，把铜与硫磺一起加热，得到黑色的焙烧过的亚硫酸盐，继续加热直到它形成红色的氧化亚铜（“烧铜”）。还可以把铜与硫酸铜一起加热，从而得到一种碱性的铜化合物。当铜被熔化或加热时，形成的渣滓也可以用来制作绿色玻璃。红色玻璃也是使用铜制出来的，但是要在还原条件下才行。为了获得最佳的红颜色，经常要用到由金溶解于王水得到的氯化金，直到今天仍然如此。黄色和棕色可以通过加入铁获得，一般是加入红色的氧化物或是各种铁与酸的反应产物。一种特别好看的黄颜色是通过加入金属银获得的。12世纪和13世纪教堂的玻璃是这些技术很早就已发明的见证[1]。

10.5 颜料、漆、底面和黏合材料

在工业中使用的染色物质可以分为颜料、染料和色淀染料三大类。颜料主要着色表面，不会过多渗透到表层的下面，通常用于制作悬浮在水中的涂料颗粒或油漆。染料和染色剂（能着色的物质）与通常溶解于水或一些液态溶剂中的颜料不同，能够渗透进被染的物质里，特别适用于织物和毛皮的染色。色淀染料是一种特殊类型的颜料，由染色剂和载体相互作用衍生出来，其中的染料不易溶解。用不易溶解的染料对织物进行染色的过程称为媒染，一种主要的媒染剂是明矾的溶液。在古代和中世纪使用的许多颜料和染色物都是天然物质，除了去掉杂质和一定程度的研磨，在使用以前只需稍稍处理就行。

1 玻璃的通史在第9章中有详细讨论。

古埃及人常用颜料来画建筑和雕像，约有15种备用的颜色，用水和黄树胶或金合欢树胶来配制颜料。画的表面有时还上了一层蜡，而不是上清漆。他们的画笔是芦秆，把芦秆泡在水中，等到它的末端分成很细的纤维就成了画笔。我们几乎找不到希腊人的绘画线索，但似乎在很大程度上也是用同样的方法。他们也有上蜡的画，尤其是使用在船上。这种用加热蜡来固定颜料的绘画传统——“蜡画”，一直保存到了拜占庭和神圣罗马帝国时期。在这一进程中，干性油、清漆和石脑油也同时被使用着。然而，令人遗憾的是，我们对古典时期所使用的颜料的情况知之甚少，所讲的颜料大部分是关于中世纪的，它无疑继承了古典时期的制作方法。

黑颜料 黑颜料通常用的物质是碳，指灯烟或木炭。灯烟是燃烧各种油、蜡和树脂所形成的，可以在一个适当的表面上收集这种烟灰。最好的木炭是在陶锅中烧几种植物而制成（图328）。



图328 为造墨水或其他颜料而制作精质木炭。
一位监工在看着工人将细木棍放入用于烧制的叠瓦状大桶中。后面是一个盖着的大桶。摘自德国15世纪的手稿。

墨水 墨水是黑颜料中的一种，有一些特殊的用途。两种墨水从古代一直使用到中世纪，其中一种墨水的黑由碳的微小颗粒所决定，因而是持久的。另一种墨水的黑由暴露在空气中的盐或铁的苦味酸盐和鞣酸盐所形成，这两种物质由于氧化而变成了黑色，但是随着时间的推移，进一步的氧化会使它变成棕色。

灯烟提供的碳是第一种类型的。烟灰从冷却的表面上收集而来，这个表面用来接受油灯、蜡烛和脂肪所产生的火焰。把结晶好的积淀物放入含过量水的

树胶或胶料中，从而制成一种悬浮剂。另一种用碳做墨水的好办法是烧藤蔓的嫩枝，但这个制造过程有一些困难。如果烧过了头，嫩枝就化成灰，并导致相应的灰白效果。如果烧得不够，它又会保留着一定的焦油物质，并产生棕色的效果。这种物质的碳化需要仔细地去除空气。

制造墨水的另一个主要办法就是把压碎的瘿（经常是橡树瘿，它含有大量的苦味酸和鞣酸）和大量的铁盐（经常是硫酸亚铁）混合在一起，最初它是灰棕色的，到使用以前常常会变得越来越黑。把两种类型的墨水混合在一起使用，当时是很常见的。

棕色颜料 几种黏土质的铁矿在燃烧时能获得很好的棕色，自远古以来人们就知道这一点。中世纪的画家常常通过混合其他的颜色，调出他自己想要的棕色。总的来说，与文艺复兴时期的艺术家和画师相比，中世纪的艺术家和画师并不太喜爱棕色。

白色颜料 白色颜料中最重要的是铅白或称碳酸铅白（碱式碳酸铅），这是一种首先被亚里士多德（Aristotle）的学生和后继者泰奥弗拉斯托斯（Theophrastus，卒于约公元前 287 年）所描述的物质。最早制造碳酸铅白的工序是把铅板悬挂在装了醋的陶罐里[1]，过了一段时间，白色的碳酸盐和醋酸盐的混合物就沉淀在铅板上，把它刮下来磨细，再煮一煮就行了。它的制造工序一直到 16 世纪才有了重要的改进，改用湿稻草堆或粪堆焐热陶罐，从而加速它的化学反应。骨白由煅烧骨头而成，主要成分是磷酸钙，在中世纪也有使用。像白垩粉之类的白垩悬浮物、石灰乳和石灰水都是用来刷墙的。

红色颜料 在红色颜料里，所有时代最常见的是红赭石或称代赭石。这是一种黏土质的铁矿石，使用时间非常长，直到今天仍在使用。在古典时期，黑海的锡诺普出产的红赭石有着特别高的声望，并保持到了中世纪，尽管许多所谓的锡诺普红赭石在锡诺普从未见过。从不

1 在存在二氧化碳时，最初形成的醋酸铅中有些会转化为碳酸盐。发酵的有机物总是出现在后面的过程中。

同来源获得的红赭石，在颜色上差异很大。红颜料虫胶在下面还会讨论到（边码 362）。

铅丹已经为希腊人和罗马人所知，它是通过焙烧暴露在空气中的白铅而制成，今天有时候还这样做，但并不完全持久。硫化汞一般叫朱砂（边码 366），它是最鲜艳的红颜料，既有像辰砂（cinnabar, HgS）这样天然的，也可以人工制造出来。在中世纪，将水银和硫磺放在一起研磨，得到黑色的硫化亚汞，再经过提纯，就得到了各种各样的红色颜料。如果不暴露在会使它变暗的强烈阳光下，红铅是极其稳定的。

现在，铅丹被称为红铅。但是，无论是在古典时期还是中世纪，这个词都曾被用于称呼其他几种红色或橘红色调的染色物质，包括辰砂和黄丹（PbO）。这些东西中有许多都是用来装饰画作的原稿，因此有了“袖珍画”（miniature）这个词。

罗马人使用的**蓝颜料**包括石青，一种在中世纪仍一直使用的蓝色的碱式碳酸铜。大青是一种研磨得很细的深蓝色的钴玻璃粉末，从中世纪末起就一直被作为蓝颜料使用，钴玻璃是用钴矿石和碱、沙子一起加热而制成的。加热熔化的混合物分成上下两层，上层是蓝色的钴硅酸盐玻璃，下层是金属硫化物。中世纪最好的蓝颜料是佛青（ultramarine），它的制作是把天青石研磨成细粉，与蜡、油以及树脂混合在一起，形成一个软泥团，并在弱碱（碱液）中揉很长时间。当杂质黏附在蜡上以后，分离完全的佛青就会自然形成液体，最有价值的佛青随后才沉淀出来。

还有某些其他的蓝色，尽管它们的色淀被作为颜料使用，但把它们看成染料更为自然，例如靛蓝、菘蓝和染匠油桐。罗马人把靛蓝集中作为颜料来使用，而不是作为染料来使用（边码 365）。然而，至少在中世纪时期，最普遍的蓝色是人工铜蓝，有数不胜数的制造铜蓝的配方。这些配方中的大多数都要准备好铜的混合物与氨（陈尿），通过反应产生深蓝色的溶液。如果在这些溶液中加入石灰，就会形成

上好的蓝色化合物，从而获得固体的蓝色染料。这些铜铵蓝色没有持久性。

362

绿颜料 绿颜料大多数都是由铜衍生出来的。孔雀石是另一种碱式碳酸铜，甚至在古代就有运用（第Ⅰ卷，边码293），并为罗马人所熟悉，各种铜玻璃料（被磨成粉的、有色玻璃的混合物）也同样如此。整个中世纪里，都是用醋把铜弄湿，把它暴露在空气中，或者是把铜板放进发酵的葡萄皮里制造铜绿（一种碱式醋酸铜）的。醋和食盐在铜上面产生作用，从而得到碱式氯化铜——盐绿。其他的绿颜料有绿土（*terre verte* 或 *verdaccio*）——一种绿色的泥土，以及那些来自不同植物的原料——例如鼠李的浆果和鸢尾属植物的花的液汁（边码366）。

黄颜料 在各个时代，黄赭石（一种黏土质的铁矿）一直都是作为一种颜料来使用的。罗马人大量使用雌黄（As_2S_3），这是一种很漂亮的金黄色。希腊语中雌黄就是 *arsenicon*，后来用这个词表示砷元素。中世纪的画家偏爱黄赭石或橙色的颜料，例如藏红色、黄木犀草制的黄色颜料和波斯浆果（*Rhamnus saxatilis*）。把金叶和蜂蜜、盐放在一起磨，得到的黄金细粉常常作为黄颜料使用。还有一种中世纪后期画家们使用的优良黄颜料，称为“拿浦黄”（*giallolino di Napoli*），组成成分并不相同，有些时候是氧化铅和锑的混合物。

清漆 许多绘画尤其是木头上的绘画，是用上清漆的方式来保护的。为此，各种树脂被浸泡在经过阳光长时间暴晒的油中，有时还要加热。为了这一目的而使用的油大多数是亚麻子油、大麻子油和胡桃油，所有这些油都会随着时间的推移而颜色变深。

画的加层 伟大的画家的许多绘画效果，都是通过在一层色彩上再增加一层色彩来实现。把画的碎片置于透明的溶剂中，再把它们层层剖开，这种加层的过程就能够被检验出来。当然，还可以用显微镜进行观察研究和用化学试验来检验。

硝基漆 即紫胶（shellac），是一种特殊类型的清漆，这种物质就

像这个词一样来自印度，10世纪时才作为“树脂虫胶”或“黏虫胶”传入欧洲。它是只能寄生在特定树上的雌性介壳虫的分泌物，尤其是紫胶虫。一种广泛运用的红颜料是用明矾从紫胶中沉淀出来，并以“虫胶”之名为人所知，得到更普遍的使用。硝基漆、紫胶、虫胶、树脂虫胶、黏虫胶、色淀、虫胶色淀和它们的异型，在语音、语意上的相似性和重叠性造成了很大的混乱。像现代一样，古代制造漆艺品要把一层紫胶溶液刷在柳条制品或轻木材上作为底子，有时还要在制品上先涂一层很薄的细泥。

363 **表面** 无论是比较粗糙的、运用于建筑物上的，还是比较精细的、用在家具、装饰、艺术品上的，古代和中世纪的大多数绘画都画在木镶板、石墙或砖墙上。在古代和中世纪，人们都非常热衷于色彩，并不太欣赏天然的构造特征。因此，木材的纹理和石材表面的花纹都不能引人赞美。习惯上要把它们隐藏在涂料之下，而不是让它们暴露在外，经受风吹雨打。

木镶板的精工细活一定要特别留心接合和平滑。为了得到大块的、平整的木面，需要接合得非常牢固。为了这一目的，乳酪和石灰一起捣细，加少量的水，慢慢干燥成一种极强的和有效的胶泥。木镶板表面被仔细地弄光滑，因为用胶粘一层亚麻布覆盖在上面，它的永久性和持续性常常得到了进一步的保障。在此之后，再涂一层石膏粉——一种白色的白垩、石膏或是混了胶或明胶的泥灰——作为黏合物。由于黏合物的成分和变干的快慢不同，这种混合物的细度和浓度可以控制。石膏可以制成适合于做模子和雕刻的硬度和粒度，它是大多数中世纪绘画和一些古代绘画的通用基板（图326）。

粗帆布 粗帆布是大麻或亚麻布，现在通常作为油画的画布，在15世纪以前很少使用。它不适合户外作品，据说最早画在帆布上的大幅绘画是1480年前后波提切利（Botticelli）的《维纳斯的诞生》（*Birth of Venus*）。画在布上普遍用于不考虑耐久性的物件，最显著的

就是列队行进中的旗子，这在中世纪曾广泛地使用过。

在罗马时期和中世纪，装饰和绘画的主要表面是墙壁。罗马最有名的壁画有1世纪庞贝城的壁画，比它早几十年的威拉利维亚壁画，以及那些3世纪帝国最东面边界，幼发拉底河上杜拉欧罗普斯的壁画。保存于欧洲各地的教堂、修道院和大教堂里的中世纪壁画不可胜数，它们的表面经常涂了一层沙子和石灰的灰浆。这层灰浆干了以后，就形成结晶体，既能封住沙粒又能渗入墙壁，从而把它们凝固在底子上。石灰和沙子不会发生化合作用，只是石灰慢慢吸收二氧化碳变成了碳酸钙。以碳酸钙和沙子的混合物作为载体的画，对湿度非常敏感，尤其是当水汽从墙壁上渗出来的时候更是如此。所以，画壁一般要作精心的防湿保护。

淡彩画法　使用纯净状态的颜料来画壁画是罕见的，因为大多数的壁画颜料需用一种黏合媒介物，它通常要与颜料掺和。这种黏合媒介物能把颜料的颗粒粘在一起，并在适当的地方有效地由颜料本身创造底色，这样的画被称为"淡彩画"，混合过程就叫作调和。在这一过程中所用的物质，包括胶浆、胶料、灰浆、矾土、油、胶、白垩、蛋白（把蛋白放在水里打匀）、蛋黄、石灰、蜂蜜甚至耳垢。在现代的条件下，只要一小点画的碎片，就可以在显微镜下看到它的不同层面，并对每一层进行化学和物理分析。

364

10.6　染料、媒染剂[15]

染色的实践可以追溯到远古时期（第Ⅰ卷，边码245—250）。在希腊—罗马时期和中世纪，染料几乎全部来源于植物和动物。只是在说到它们所产生的织物颜色时，这些染料才会被顺便讨论到。除非用媒染剂，否则大多数染料的染色速度都很慢。在我们所讨论的时期里，媒染剂通常是铵矾和钾矾，或是两者的混合物。染匠的手艺有很高的技术含量，他们的原料中有许多是进口的、昂贵的，许多工序是商业

秘密（图 329—331）。

黑色 染黑色的唯一方法是把胆汁加入硫酸铁（绿矾或水绿矾），或在同样的物质内再添上几种深浅不同的暗色。

蓝色 最重要的蓝色染料是靛蓝[1]，它是从靛蓝植物或是从菘蓝植物中获得的。靛蓝不溶于水，它得自于植物，可以通过自然发酵或细菌分解成为无色可溶的化合物吲哚酚，暴露在空气中的吲哚酚随后氧化成为靛蓝。织物先浸泡在发酵的溶液里，然后晾挂在空气中，深蓝色就出现了。靛蓝属植物是热带植物，印度人把它放在水里发酵，接着又与空气发生作用，从溶液中沉淀出不可溶的靛蓝用于出口。罗马人似乎不懂得如何使靛蓝变成溶液，仅仅把它作为一种颜料来使用（边码 361）。但是，中世纪的染匠至迟在 15 世纪中期，已经会用蜂蜜和石灰把靛蓝还原成靛白，并用这种溶液来染布。

365

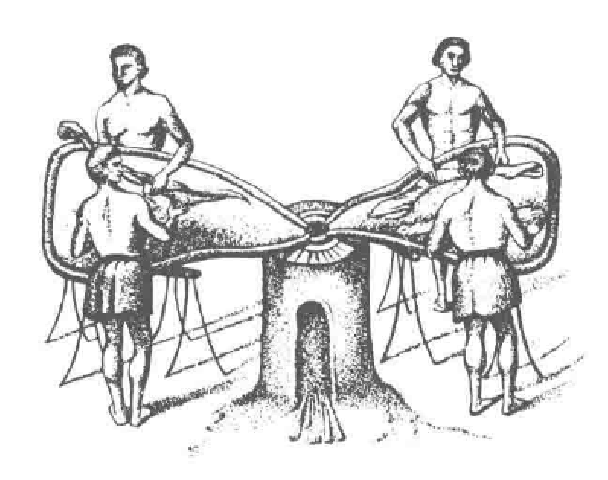


图 329 染匠。
来源于庞贝城的壁画，约 70 年。从热染缸中拿出来的织物正放在盘子里拧干，染料从槽里又流回来。盘子的表面是浅色的一层不可渗透的物质，如青铜薄板。



图 330 染匠为染带有图案的织物作准备，出自 13 世纪法国的一部手稿，当左边的人在展示早先用明矾溶液画的图案时，右边的男人正从洗缸里拿染好的布。

另一方面，菘蓝在整个欧洲广泛生长，它们的嫩叶子可以摘下来捣成浆（图 325）。经过几个星期的干燥后，菘蓝浆成为球状物（图 332），磨成粉后，再放入水中发酵，直到产生一种黑色的

1　为了避免混淆，现代术语“靛蓝”在这里用作为表示蓝颜色的化合物，不管它是从靛蓝还是从菘蓝植物中获得的。



图 331 漂白和染丝。出自一部 1458 年写于佛罗伦萨的手稿《论丝绸艺术》(*Treatise on the Silk Art*)。左边的两个人在一个大锅里搅拌加热的硫酸，里面是正在漂白的丝束。两个人都穿着木底鞋，其中一个捏着自己的鼻子。在清洗和加明矾之后（没有显示出来），丝束被浸泡在一个加热的盛有胭脂虫溶液的浴锅中（中间），然后被放在横跨浴锅的两根木棍上沥干，最后在冷水中清洗（右），并检查它染得牢固不牢固。

团块。这些黑色的团块可以装进密封的桶中出售，用的时候把菘蓝块放在加热的菘蓝缸里重新发酵，按如图所示进行染布（图 333）。菘蓝植物的靛蓝成分相对较少，自 16 世纪以后，菘蓝渐渐让位给了靛蓝。一种传统的做法是把靛蓝加入菘蓝缸里，以缩短菘蓝的发酵过程。



图 332 商贩在卖盛装在袋子里的菘蓝球。13 世纪的法国雕像。

366

黄色 古代和中世纪最重要的黄色染料是黄木犀草（*Reseda luteola* L）。用明矾作媒染剂时，可以得到纯黄色的提取物。其他的黄色染料包括红花（*Carthamus tinctorus* L）和（嫩）佛提树（*Rhus cotinus*）。

绿色 将绿色染在布上一般先用黄木犀草，然后再用靛蓝，也可以使用一些植物性的绿染料，但是染得不牢。把铜绿（边码 362）、明矾和织物一起煮，就可以得到绿色了。

红色 茜草染料从一种茜草的根里获得，是使用最广泛的染料。在欧洲，这一类植物分布很广。在古典时期的罗马附近，几种这类植



图 333　染匠正在搅拌一个加热着的菘蓝缸，前方平放着一幅染过的布，一个年轻人手上搭着另一幅布。出自一部 15 世纪的法国手稿。

物已经人工栽培。在中世纪，茜草栽培成了低地国家的一项专长。这一时期末，在近东发明了一种很复杂的涉及茜草染料的方法，并产生出了一种鲜亮的红色。直到 19 世纪，用这种著名的“土耳其红”染的货物才进口到了欧洲。直到现在，全部工序的秘密仍然不清楚。以明矾为媒染剂，茜草染料能获得很好的红色，但有些偏紫。另外一种红染料是海石蕊染料，把地中海海里的地衣（染料衣和其他）用陈尿与石灰处理后而获得。所有这些方法，给出的都是相当不稳定的各种红色、深红色或玫瑰色。

在古代和中世纪，最好和最鲜艳的红色都是由某种“胭脂虫”（即寄生在各种树上的半翅目昆虫）用明矾媒染后制造出来的。这类昆虫有几种称谓，古人把它们叫作“胭脂虫”（*cocci*），阿拉伯人称其为“虫胭脂”（*kermes*），我们据此用“深红”（crimson）和“胭脂红”（carmine）来命名。中世纪拉丁文作者把它们描述成小蠕虫（*vermiculi*），有了“朱红色”（vermilion）和胭脂虫（*grana*），有了“红染料”（grain）和“在红染料里染”[1]。在 16 世纪，寄生在新大陆的几种仙人掌上的胭脂虫（*Dactylopius*）被发现了，并用它们生产出了很好的红色，从仙人掌上来的“胭脂虫红”不久就替代了其他的红色。一直到德雷贝尔（Cornelius Drebbel，1572—1634）在 17 世纪早期引入锡

1　为什么她的脸颊绽出了红玫瑰（How the red roses flush up in her cheeks），纯洁白雪染上了漂亮的朱红色斑（And the pure snow with goodly vermeil stain），红染料里染的深红色（Like crimson dyed in grain）！斯宾塞（Spency）:《新婚颂歌》（*Epithalamion*），226.

盐作为媒染剂时，人们才获得了一种真正的持久的鲜红色。

367

上述红染料（除了胭脂虫红）都从罗马时期就开始使用，到了中世纪又多了一种巴西红。这是一种云实属的树，从锡兰和东印度引进，后来也从巴西引进，事实上它就是以“巴西”命名的（*terra de brasil*）。

中世纪画师们所用的大多数虫胶和虫漆，已经在上面讨论过了（边码 362）。

色淀　色淀（lake）这个字与虫胶（lac）很像，但两者不是一回事。色淀是用明矾把易溶的红色染料析淀而成，很受喜爱。深红的色淀的制备方法是煮沸用红染料［一种与胭脂红（见上）有关联的物质］染过的布片，然后加碱液，并用明矾沉淀出这种颜料。从巴西红和茜草植物获得的红色，是从玫瑰色色淀的沉淀中提取的。在古代和中世纪及其后来，大量的各种各样的色淀都被使用过，大部分都很容易褪色，最持久的要数茜草色淀。尽管色淀是从染料中获得的，但它本身就是一种颜料。

紫色　紫色在染料中占有一个很特殊的地位，古代最著名的提尔紫（Tyrian purple）是一种带棕色的深紫罗兰色。染色物质是 6，6′—二溴靛蓝，源于几种像蛾螺一样的软体动物（骨螺和紫螺科），它们都会分泌一滴一滴的奶油状液体。这种液体在空气和光照中，会从深浅不同的紫色一直变成深紫色。在希腊、罗马和拜占庭时代，染紫颜色与古代腓尼基城镇提尔和西顿有重要的联系。这些贝壳类动物的分泌物被煮沸，布就在这种液体里染色。随着使用的各种贝类的比例不同，紫色的深浅也不同，最后的产品还可以用海石蕊或胭脂虫加染。真正的染紫色的工序是极其昂贵的。

在中世纪，染紫色是拜占庭人的秘密。1453 年，拜占庭被攻陷以后，这种工艺失传了。从很早起，就有一些与拜占庭人不同的染紫色配方，也是用了几种类型的软体动物，染出的颜色有相似性，但与提尔紫或帝王紫色不一样。当然，紫色总是可以通过用同样的织物先

染蓝色，再染红色而得到。有一本中世纪的书里，就有很多替代纯正的帝王紫色的配方。

媒染剂 媒染剂几乎总是硫酸铝，它能促使染料黏附在织物上，应用广泛。硫酸铝一般总是像钾矾或铝矾一样使用，但有些时候也会用它的天然形式，通常被称为“也门明矾”。因为明矾与任何铁盐混合都会产生很暗的颜色，所以制备纯净的明矾变得很重要。从最早的古典时代一直到19世纪，明矾的贸易量都是很大的。

368

整个古典时期和中世纪，任何与媒染剂一样起作用的、带白色的、收敛性矿物质都会被叫作明矾（*alumen* 或 *stypteria*）。因此，这些术语并不仅仅包括硫酸铝、铵矾和钾矾，还包括那些在现代化学观念中不是明矾的二价铝盐。希腊人和罗马人都接触过钾矾［$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$］，在某些火山区域（如利帕里群岛、西西里岛和米洛斯）有天然的钾矾，他们也把矿物质毛矾石（水合硫酸铝）和一些含有硫酸铝以及铁、镁、锰化合物的矿物质分类作“明矾”。在13世纪以前，我们没有任何关于从这些东西中提取纯物质的记录。在这个时期，阿拉伯的作家们给了我们第一个从毛矾石或天然的硫酸铝中制明矾的线索，那就是“也门明矾”。它是用含有碳酸铵的陈尿处理的，液体浓缩后，铵矾就结晶出来。这是一种比天然的硫酸铝更加实用的收敛剂或媒染剂。

至少从1450年起，欧洲就从矿物的明矾石中制出了明矾。虽然文献上很好地记载了明矾矿的发现，但我们找到的关于它所涉及工序的论述，直到1480年才找到。它的制法是先把矿物焙烧，让它自然风化，然后连续地把大量的经过焙烧风化的产品放在同样的水中煮，一直到它的溶液浓得足以结晶。在冷却的过程中，明矾就被分离出来了。随着中世纪纺织和染色行业的不断发展，对明矾的需求也持续增长。

在13世纪和14世纪中，许多明矾来自希腊群岛和近东，尤其是

来自伊兹密尔附近的福西亚。在土耳其人占领这些地方以后，尤其是拜占庭城在1453年陷落以后，明矾供应出现了严重短缺。这时，恰好在意大利罗马的教皇领地托尔法地区找到了大量的明矾矿。有人企图让教皇对明矾实施垄断，但是没有成功。托尔法在很长时期内都是明矾的主要产地，这些矿山直到现在仍然在使用。

作为第一种精心制备的化学物质，明矾具有重要的历史意义，现代化学家认为它已有相当的纯净度。这并非来自任何化学知识，而是源于对明矾的依赖。若要有效使用明矾就得把铁盐除去，因为铁盐的存在会极大地降低它作为一种媒染剂的价值。这些盐是有颜色的，明矾则是一种最容易结晶的物质。鉴于重复结晶能够除去铁盐，所以古代用这种手段除去颜色，实际上就是一种化学提纯过程。

10.7 易燃物

过去，整个西方世界的主要燃料是木材、木炭和煤。关于木材几乎不需要作什么评论，它的使用引起森林枯竭，改变了整个环境，导致了深刻的经济变化。燃烧木材和木炭所产生的灰烬含有碳酸钾，那是古代和中世纪碱的主要来源（边码354）。从远古到我们今天的时代，木炭一直用同样的方法制造，而且一直到18世纪都被广泛地使用。圆木被仔细地堆成半球形的堆（图334），上面盖上泥土（盖草皮更好），中心留一个孔，然后点燃木材堆。通过打开或关闭通气孔，使木堆以最少的浪费量均匀地烧成炭，有效地提取了木头的精华，所产生的部分焦木酸和木焦油浓缩后渗到了木堆的下面，在那里有时会用一个排水沟来收集它们，木焦油曾经大量用于航

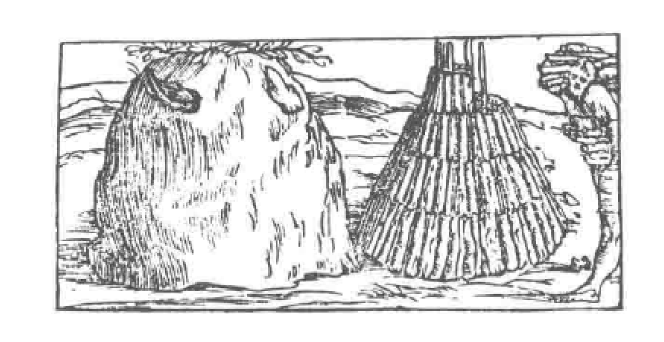


图334　一个烧炭人在堆放圆木。
左边一个相似的木堆已用草皮和泥土盖住了，在顶上留了一些出烟孔，接着点火。出自印刷出来的书，威尼斯，1540年。

海目的。木炭是一种近乎完美的燃料，它在产生高温的同时只产生很少的灰，并且没有烟。

希腊人和罗马人已知道用煤取暖，但他们仅仅只是挖掘露出地面的煤层。中世纪有煤的地方，例如英国和萨尔河流域，煤并不在家中使用，而是作为一种重要的工业燃料。需要煮大量水的染匠和酿酒师尤其要使用煤，需要高温的烧石灰工（图 323）和铁匠也使用煤。17 世纪之前，煤没有被用于熔炼金属，也没有任何地方提到过煤焦油。当时的照明物包括脂肪、油、树脂和蜂蜡。在中世纪，尽管蜡烛（有时是放在灯笼里的）已经非常流行，但是脂烛、灯草心烛、火把和油灯也在使用。石油在整个历史时期都已为人所知，但它不是一种常用的燃料。

370

燃烧和爆炸混合物　这类物质会在其他地方讨论（边码 374 及以后）。在它们的制造过程中，有一种非常重要的成分是硝石（硝酸钾）。发现这种物质提供了爆炸和燃烧的可能性，有着深远的重要意义。关于制造硝石的最早证据，出现在早于 1200 年的中国史料中（边码 377），马拉加的伊本・拜塔尔（Ibn al-Baitār of Malaga，卒于 1248 年）提

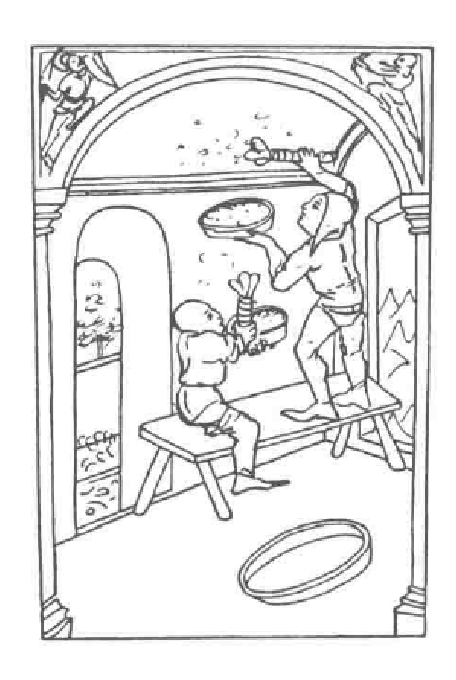


图 335　硝的采集者用一种特殊的刷子。把盐霜从马厩墙上刷下来。15 世纪后期。

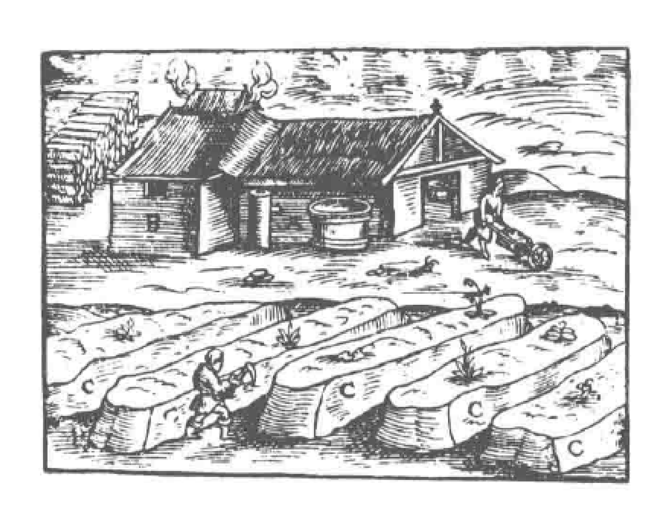


图 336　硝石工场，德国，1580 年。
C 是从羊厩中收集的混有腐烂植物和碎石的原料堆。在工场前面的工人正在收集起霜的硝石，并把它放入一辆独轮车，送到 A 木屋中的大缸中过滤。这些液体通过在 B 木屋中烧煮进行浓缩，后面堆放的圆木是燃料贮备。

及硝石时也称为“中国雪”。在后来的中世纪里，硝石从印度进口，但是至少从大约 1300 年起，它也从欧洲的硝石沉淀物中提取（边码 379）。这些沉淀物来自旧的干燥的羊厩、马厩的泥土（图 336），以及在旧的墙上和天花板上结的硬壳（图 335）。制造硝石时，在大缸中装满不同层的硝石泥、木灰和石灰，然后用细水流渗透这些层，在由此产生的溶液中加少量的灰汁和明矾，并煮沸浓缩。作为杂质的食盐，从煮沸的溶液中结晶出来。将残余的溶液倒出，在冷却的过程中就产生了硝石晶体（图 337）。



图 337　硝石的结晶，德国，1580 年。
浓缩的液体被注入高高的 A 缸中冷却，又把 A 缸的溶液倒入 E 缸中。在那里一部分溶液被补充进来，进一步在火炉 B 上浓缩。这些溶液被在场的人 C 趁热舀出来倒入一个长方形的篮子里，在结晶的状态下有一些硝石已经被沉淀出来了。剩余的溶液则倒回去，最终在开口的盘状器皿 F 中和陷在地上的浴盆 G 中结晶。

371

印度的硝石也是用很相似的方式制造出来的。无论是欧洲还是印度地区的生硝石，仍然含有或多或少的食盐和其他杂质，这会使它在潮湿的环境中变潮。为了能将它用在火药中（边码 380），必须再重新结晶一两次。

硫磺　罗马人精制硫磺的方法并不为人所知。亚历山大城的炼金术士曾经通过蒸馏或升华来得到它，但可能并不是大规模的。在 16 世纪，生硫磺用蒸馏法提取，蒸气通过一个很大的黏土锅，在那里被冷凝成液态的硫磺，然后又通过底部的喷口流出并固化（边码 380）。硫磺被用作药物，也用来制造可燃性混合物。在 16 世纪早期或更早的时期，硫磺火柴就被提到过。

10.8 药、糖、酒和蒸馏

药 在古代和中世纪药学的最重要的部分，仅仅只是研磨、溶解、加热，或是对植物材质（草药）进行其他物理处理。但是，也有一些在配制时涉及化学变化（图339）。迪奥斯科里斯（Dioscorides，1世纪，图338）在他的《药物学》（*De materia medica*）里解释了怎样配制几种矿物药，例如烤铜即硫化铜（边码358）和铜绿（边码362），还第一次描述了对水银的提取。这部书早在14世纪就被翻译成拉丁语，在医药发展上有极其重要的影响。甚至现代科学的药典中包含的许多要素，也可以追溯到迪奥斯科里斯的著作。

哈拉夫·伊本·阿巴斯·扎赫拉维（Khalaf ibn ʻAbbās al-Zahrāwī，卒于1013年）是西班牙的穆斯林，拉丁文名叫做阿尔布卡西斯（Albucasis）。13世纪时，他的《草药》（*Liber servitoris*）中的药单被翻译为拉丁语，具有很大的影响力，描述了对铅黄、铅白、硫化铅、

372

硫化铜、镉、硫酸盐、氧化铁粉以及其他物质的配制。在阿拉伯语的世界里，有一本非常完整的关于药物的知名著作是伊本·拜塔尔（卒于1248年）所写的。16世纪以前，关于矿物药的配制的进步不是很明显，一直到出现了帕拉切尔苏斯（Paracelsus，1493?—1541）和他的学派，情况才有所改观。



图338 药店。出自13世纪迪奥斯科里斯著作的阿拉伯译本。
下方：一个药剂师在火上的一个大锅中搅拌药，并为他面前的顾客盛满一杯药。上方：贮藏了许多药罐，另一边是一个人正在配制药。

糖类及其产物[16] 糖是唯一涉及化学配制的食品。它的存在从古典时期就已经知道了，但在欧洲直到12世纪或更晚一些的时期，由于受了伊斯兰教的影响才开始大量使用。糖这个

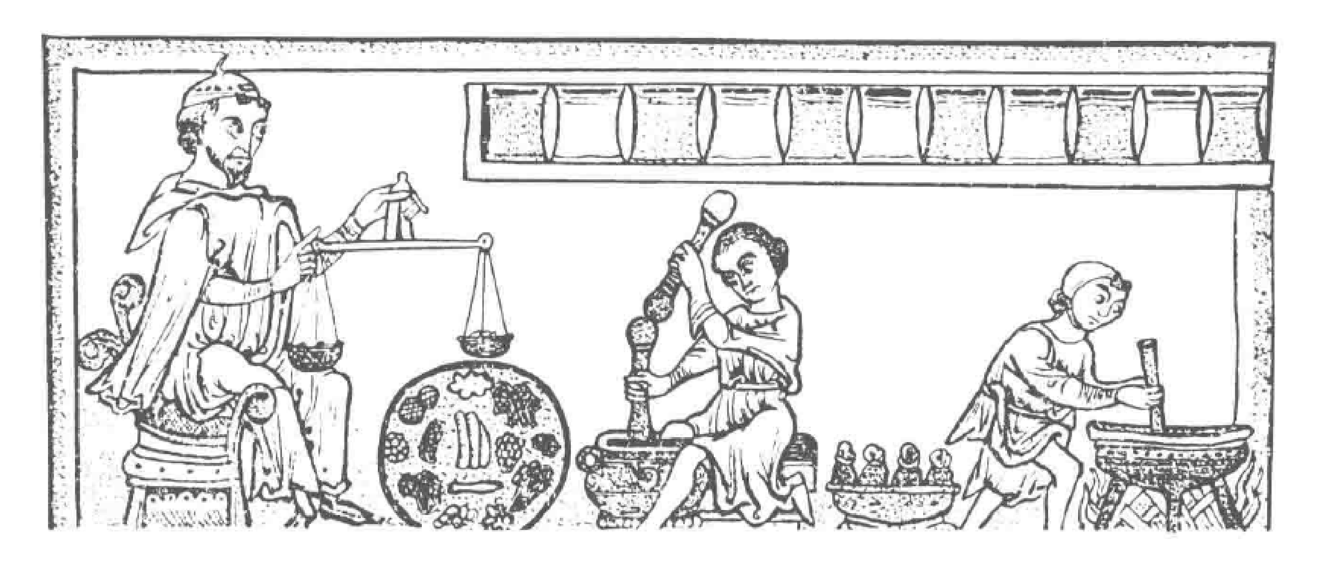


图 339　药店，出自 13 世纪的一部法文手稿。
（从左到右）坐在椅子上的人在一张放了其他药的圆桌上称药的分量，另一个坐着的人在一个臼里用两个杵捣药，一个容器里放着一些用小袋子装好的药，一个站着的人在架在火上的大锅里搅拌着一种混合物。上面的架子上是一系列细腰罐子。

词本身是从阿拉伯语中来的，阿拉伯人种植甘蔗，并把它传入了巴勒斯坦、西西里、西班牙和希腊诸岛。甘蔗汁被榨出来，并煮成半固体的东西。第一次从生甘蔗中提取出糖的时间还不是太清楚，但人们至少早在 14 世纪就会榨糖（图 340）。在整个中世纪里，糖都是一种奢侈品，常用的调味剂和防腐剂是蜂蜜。



图 340　糖的生产。
远处甘蔗种植园的甘蔗已被砍倒放上了驴背，将要运往制糖工场。在制糖工场，甘蔗被砍成短截，并铲到了篮子里，再把篮子里的甘蔗倒入水力驱动的水磨的漏斗里。甘蔗汁是手工压榨出来的，榨出来的汁倒入架在火上的锅中煮，以除去水分，然后用长柄勺把糖汁舀到锥形的模子里结晶，最后把糖块从模子里倒出来，并把待出售的锥形糖块陈列出来。出自斯特拉达尼斯（Stradanus）的《新发现》（*Nova Reperta*），威尼斯，1570 年。

发酵的酒（第 4 章）和**蒸馏**（第 21 章）在其他的地方已经谈到过了。

373 相关文献和参考书目

还没有发现古典时期和中世纪的关于化学方法的综合性著作，下面提及的引自很多出处：

[1] Pliny *Nat. hist.* For everything in this work related to chemical industry and technology the best reference book is K. C. Bailey. 'The Elder Pliny' s Chapters on Chemical Subjects' (2 parts). Arnold, London. 1929, 1932.

[2] The contents of Graeco-Egyptian technical papyri at Leyden and Stockholm have been translated and annotated by E. R. Caley in *J. chem. Educ.* **3**, 1149–66, 1926; **4**, 979–1002, 1927. See also: P. E. M. Berthelot. 'Traités techniques (Traduction)' in 'Collection des anciens alchimistes grecs.' Troisième livraison, cinquième partie, pp. 307–75. Steinheil, Paris. 1888.

[3] Marcus Graecus *Liber ignium ad comburendos hostes*, translated and analysed by P. E. M. Berthelot. 'Histoire des Sciences. La chimie au moyen âge' , Vol. 1, pp. 89–135. Imprimerie Nationale, Paris. 1893.

[4] *Compositiones ad tingenda musiva.* Its history is discussed by R. P. Johnson. ' *Compositiones Variae* from Codex 490, Bibliotheca Capitolare, Lucca' in Ill. Stud. lang. lit., Vol. 23, no. 3. University of Illinois Press, Urbana. 1939. The most recent edition with German commentary and translation is by H. Hedfors. *Compositiones ad tingenda musiva.* Diss., Uppsala. 1932.

[5] " *Mappae Clavicula*, a Manuscript Treatise on the Preparation of Pigments and on the various Processes of the Decorative Arts practised during the Middle Ages" communicated by Sir Thomas Phillipps, ed. by A. Way in *Archaeologia*, **32**, 183–244, 1847.

[6] The most recent and reliable edition and German translation and commentary of the major part of the treatise is by W. Theobald. 'Technik des Kunsthandwerks im zehnten Jahrhundert. Des Theophilus Presbyter *Diversarum artium schedula.*' Verein deutscher Ingenieure, Berlin. 1933. For a complete edition and translation see A. Ilg in Quell. Kunstgesch. Kunsttechn., Vol. 7. Braumüller, Vienna. 1874. The first English translation was made by R. Hendrie. 'An Essay upon various Arts by Theophilus called also Rugerus.' Murray, London. 1847. Another and more satisfcatory translation of the second book only is given in Appendix A of C. Winston. 'An Inquiry into the Difference of Style observable in Ancient Glass Paintings' (2nd ed.). Parker, Oxford. 1867.

[7] Heraclius *De coloribus et artibus Romanorum.* Edition with German translation and commentary by A. Ilg. Quell. Kunstgesch. Kunsttechn., Vol. 4. Braumüller, Vienna. 1873. An older edition with English translation by Mrs. M. Merrifield. 'Original treatises dating from the twelfth to the eighteenth Centuries on the Arts of Painting' , Vol. 1, pp. 166–257. Murray, London. 1849.

[8] The Madrid Codex has been edited by J. M. Burnam. 'Recipes from *Codex Matritensis* A. 16.' Palaeographic edition. University of Cincinnati Studies, second series, Vol. 8. University Press, Cincinnati. 1912.

[9] A short general survey of Latin alchemy with bibliography is given by F. Sherwood Taylor. 'The Alchemists. Founders of Modern Chemistry.' Schuman, New York. 1949. Reissued Heinemann, London. 1951.

[10] A preliminary attempt to list the later medieval texts on chemical technology has been made by D. V. Thompson. "Trial Index to some unpublished Sources for the History of Mediaeval Craftsmanship." *Speculum*, **10**, 410–31, 1953.

374

[11] The *Liber Sacerdotum* has been edited by P. E. M. Berthelot. 'Histoire des Sciences. La chimie au moyen âge' , Vol. 1, pp. 179–228. Imprimerie Nationale, Paris. 1893. See also J. Ruska. 'Studien zu den chemisch-technischen Rezepten des *Liber Sacerdotum.*' Quell. Gesch. Naturw., Vol. 5, pp. 83–125, 275–317. Springer, Berlin. 1936.

[12] Cennino' s work has been edited and translated by D. V. Thompson. Cennino D' Andrea Cennini. 'Il Libro dell' Arte' (2 vols). Yale University Press, New Haven. 1932–3. Quotation from Vol. 2, p. 49 (abbreviated).

[13] An English translation appeared in the seventeenth century, and was reprinted with an introduction by E. J. Holmyard. 'The Works of Geber, Englished by Richard Russell 1678.' Dent, London. 1928. A bibliography of Arabic alchemical works which have much on the acids is by O. Temkin. "Medicine and Graeco-Arabic Alchemy." *Bull. Hist. Med.*, **29**, 149–55, 1955.

[14] Neri, Antonio. 'L' Arte Vetraria distinta in libri sette.' Giunta, Florence. 1612. (2nd rev. ed. Rabbviati, Florence. 1661.)

[15] Several accessible books summarize the methods and materials of early painting, dyeing, and mordanting. We may mention:

De Wild, A. M. 'The Scientific Examination of Pictures.' Trans. by L. C. Jackson. Bell, London. 1929.

Gettens, R. J. and Stout, G. L. 'Painting Materials. A short Encyclopaedia.' With an introduction by E. W. Forbes. Van Nostrand, New York. 1942.

Hiler, H. 'Notes on the Technique of Painting' (rev. ed.) Faber and Faber, London. 1948.

Hurry, J. B. 'The Woad Plant and its Dye.' Oxford University Press, London. 1930.

Laurie, A. P. 'The Technique of the Great Painters.' Carroll and Nicholson, London. 1949.

Singer, C. 'The Earliest Chemical Industry.' Folio Society, London. 1948.

Thompson, D. V. 'The Materials of Medieval Painting.' Allen and Unwin, London. 1936.

[16] On sugar see: Deerr, N. F. 'The History of Sugar.' Chapman and Hall, London. 1949–50. Lippmann, E. O. von. 'Geschichte des Zuckers.' Hesse, Leipzig. 1890.

关于军用烟火技术的注释

A. R. 霍尔(A. R. HALL)

早在远古时代，火就被用于战争了，用来摧毁庄稼、房舍、栅栏等，后来也用于烧毁船只和攻城掠地。原始时代，人们手中的火把就是一种很厉害的武器，但要获得更复杂的烟火，就需要更多的矿物学方面的知识。在古代和中世纪时期人们所熟知的矿物中，燃烧性质最适于军事目的的，不外乎硫磺、硝石、沥青，以及一种强挥发性、低燃点的石油组分——古代作者都称之为“石脑油”。所有这些东西，古代近东地区都能得到，只是还不清楚是否会制备硝石，因此它作为辅助燃烧的添加剂的价值很小。在罗马时期，沥青大量地被树脂和从木材中蒸馏提取的焦油所取代。在西南亚的希特(Hit)和其他地方(第Ⅰ卷，边码250—254)，从自然渗出的石油里可获取石油产品，非洲和西欧自然只有通过传说有所知晓。

375

关于这些原料的利用情况，后文将有论述。这里先说明在火药发明之前的以火为武器的三种战术手段。最简单的是火箭或火矛，由它发展而来的是用某种机械投射出去的火罐(边码700)。最复杂的是拜占庭时代早期出现的火罐，用管道甚至是火箭发射出去，火罐里装有猛烈的爆炸物。很明显，这三种方法都必须运用不同水平的烟火技术。

对于第一种，只需用粗麻纤维或者布、干燥植物之类的材料绑在

箭头上，再涂上沥青或树脂，然后把它点着做成火把，并向敌人的木质工事或者船只上投掷。早在近东地区文明出现之前，这种装置可能就使用过，并在历史上一直沿用。至于火罐，要使它起作用，则需要设计出能够把它掷至足够远的机械，而且要研制出液体填充物，使得容器炸裂时能把可燃物散布到很大范围才行。或许人们在最初使用这种液体燃料时，就是简单地泼在进攻堡垒的敌人身上。近东地区所用的是石脑油，长期以来就充作“希腊烟火”的一种主要成分，对那些不知道其简单奥秘的人来说，这是非常神秘的东西[1]。毫无疑问，挥发性的油常常被有意无意地拿来和黏度较高的油、沥青或者其他东西混合使用。尽管根据古代作者们的描述来看，这些人造烟火非常难以扑灭，但我们仍然认为它们不可能经由外力碰撞或冲击作用而点燃。

在公元前第一个千年的后半段或甚至更早的时期，含有石脑油的火罐可能就被用于战争了。关于火罐成分的文字记载要比这晚一些。普罗科匹厄斯（Procopius，6 世纪中叶）曾经这样写道：

> 波斯人发明了往容器中填充硫磺，以及一种米堤亚人叫作石脑油，希腊人叫作“米堤亚油”的药物，把它们点燃后，用力投掷到攻城槌的木构架中，并将它们点燃，烈焰会点燃任何与它接触的东西，除非敌方立即撤退[1]。

在中世纪时，类似的配方更是经常使用。在被迫击炮于 16 世纪取代之前，火罐曾经长期存在。

7 世纪时发明的“希腊烟火”，显然是由液体燃料改良而成。正是依靠熟练地使用这种武器，拜占庭王朝才得以在 673—678 年间的穆斯林进攻中，以及其后数世纪内西欧人和俄罗斯人的攻击中生存下

1　想必记得西方当时还不知道有易燃的液体，在约 1200—1300 年前，“燃烧的水”（*aqua ardens*）——酒精——尚未在西方制造出来。

来。除了用于制作这些破坏性武器以外，希腊烟火还在拜占庭的敌人中引发过带有迷信色彩的恐惧，因为王朝的君主们始终小心翼翼地保守着身负重托的配方的秘密。其实，既不存在任何一种单纯的燃料叫作希腊烟火，也没有一成不变的用法。

拜占庭时期使用的一些方法很容易鉴别出来。在海上，据说他们常把磨得很细的生石灰与石油混和物进行混合，一旦石灰碰到海水就会发生反应燃烧起来[1]。加上硫磺，则能使烧出来的烟更浓也更有毒。这些液态燃料好像并不怎么使用硝石。

同样具有独创性的是用来把希腊烟火投向敌方的装置，例如安装在战船上的“喷管”(图 341、图 342)。它可能是一种青铜制的压力泵，通过喷嘴能将燃烧的液体喷射出去。据说，利奥六世(Leo Ⅵ，886—911)曾经让他的士兵在盾牌后面放上装了可燃物的小管子，点着后向敌人掷过去。一些作者曾经引用拜占庭公主安娜·康内娜(Anna Comnena)的记载，认为这种管子的推进装置就是火箭，不过这非常值得怀疑[2]。

用于充填这类管子的糊状物的配方可能更早就有了，朱利叶斯(Julius Africanus，主要活动于 220—235)曾这样描述：把未燃烧的



图 341　用于海战的希腊烟火。
烟火明显从喷管中直接喷射出去。出自一部 10 世纪的拜占庭手稿。

1　这种办法常被人描述成拜占庭式的，但是从未得到验证。实际上，石灰碰上海水不太可能引燃石油。更有可能的是，直接用火罐把流动的酒精点燃。

硫磺和从土里提取出来的盐、黄铁矿、硫化铁矿等量地放进一个黑色的研钵中研磨，再加上黑色无花果汁和黑色沥青（例如石脑油），制成糊状物[3]。一些对此感兴趣的人可能会认为，这些“灰土盐”“食盐”之类的东西就是硝石，但这种看法其实并没有什么根据。没有大量的纯硝酸钾、硝酸盐，制造火箭（或其他炸药）是不可能的。

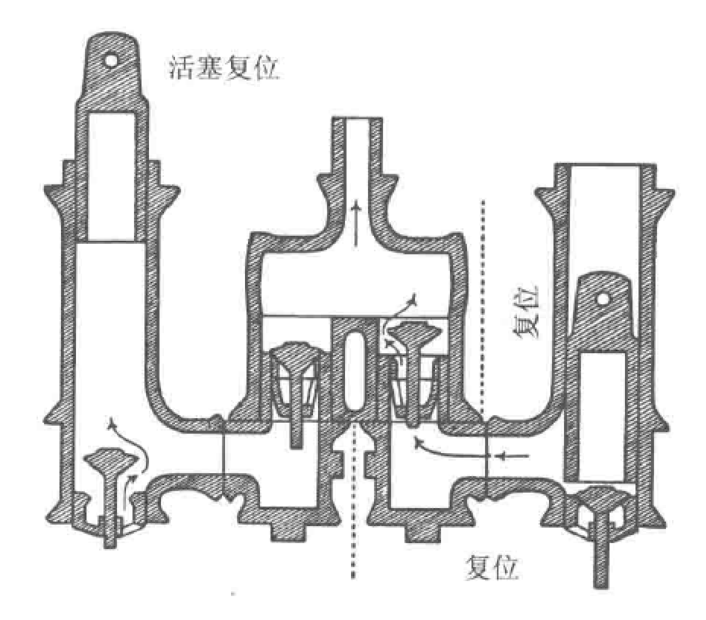


图 342　用于喷管的罗马时期晚期青铜压力泵的结构复原图。出自意大利的博尔塞纳。

377

这些令我们困惑的事情中，唯一能肯定的就是根本无须辨别中世纪作者所说的“盐类”究竟是现代化学家清楚区分的哪种物质，古代的作者们完全把硝酸钠和硝酸钾、碳酸钠和碳酸钾混淆起来了。

由于和拜占庭的密切联系，穆斯林国家应当能够控制伊拉克渗出的石油，加上他们对希腊技术文本和方法有所研究，自然会对烟火的战争用途有所了解，并凭借它成功地抵御了基督教入侵者。十字军的编年史作者们常常提及烟火。当时的人们为了阻止敌人过河，将路易九世（Louis Ⅸ）修建的用于掩护过河的木制大城堡用火焚毁，儒安维尔（Joinville，1224?—1317）记叙过这一情况（1249 年）：

希腊烟火的形状从前面看起来像一大桶酸果汁，拖着的尾巴像长矛一样长。它到达时声如雷鸣，看起来就像一条火龙划过天空。它发出的光芒也特别耀眼，使我们在营地能像白昼一样清晰地看到一切，这是由于火势极大而发出强光所致。那天夜里他们 3 次向我们投掷烟火，有 4 次则是用弓箭射过来的[4]。

有大量证据表明，穆斯林军队拥有大批火罐，配上缓燃引信并用军用投石机之类的机械投掷器投掷（图583）。但是，关于他们是否改进了烟火配方和发射方法，还缺乏有力的证据。

早在13世纪末之前，欧洲就已经开始制造烟火，作为中世纪时期最具戏剧性和深远影响力的技术发明之一，火药在枪炮方面的应用也早在14世纪早期就出现了。如果硝石—硫磺—木炭混合物的烟火配方是从远东传来，那么它不是通过拜占庭就是通过伊斯兰世界。诚然，欧洲人曾经和蒙古军队在波兰、俄罗斯以及波斯战场上有过一些直接的交锋，但火药是在西欧最早出现，蒙古人并不使用由中国人发明的烟火技术。

黑色火药由中国传到欧洲的路线尽管看起来不太明确（造纸及印刷术这两项发明的传入途径则很清晰），但可以肯定的是，中国发明炸药配方和使用方法的历史远早于欧洲[5]。1044年编著的《武经总要》中曾记载了火药的配方：

> 将1斤14两硫磺、2.5斤硝石、5两木炭、2.5两沥青，以及等量的干燥清漆碾成粉末后混合，再加2两的干植物材料、5两桐油，以及2.5两蜡，搅成糊状，直到所有成分最后都混合均匀。然后，用5层纸将混合物包裹起来并用线绑紧，再涂上蜡或沥青[6]。

378

可以看出，这些物质中包含大量碳氢化合物，更适合制作猛烈燃烧的烟火而非炸药。当时的中国人已经熟知了火箭和其他一些燃烧弹武器，这些武器和近东的类似，都是像近东地区投射液体成分烟火那样，利用机械装置进行投射。长期以来被用作麻醉药的硝酸钾作为添加剂使用，显然是后来的事情了。

由于使用这些燃烧弹配方，很可能就在偶然之中发明了炸药。填充了火药的竹管很快就被应用于军事目的，它们是用手或机械投掷的

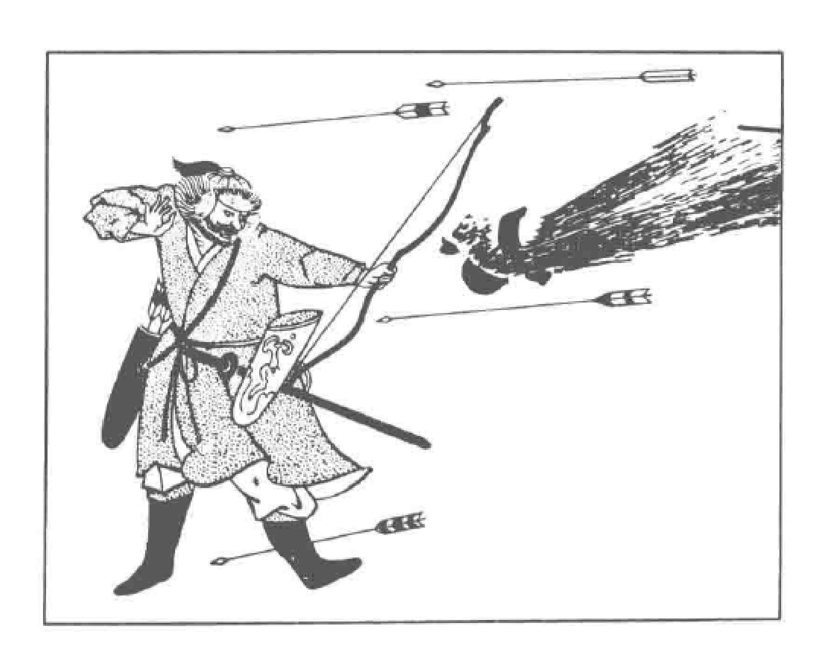


图343　日本弓箭手身旁的炸弹或手榴弹。
出自一件日本木刻，1292年。

手榴弹的前身（图343）。

最初，人们是把炸药连同石头、瓷片和弹丸一起装进空心竹筒里或者用纸筒包裹住。接下来它就自然而然地发展成为金属管火炮。这种更具威慑力的“罗马蜡烛”，很快演变成向管子里填充一定量的火药粉和投掷物，然后利用一排火门接连发射出去。13世纪中期，中国出现了这种形式的火炮。随后，很快就出现了文献记载的金属枪炮管，利用火药的力量把投射物向前推出，然后便发明了最原始的枪炮。存世的最早实物出自1356年[7]。

在此前后，枪已经在欧洲的战争中相当普遍地使用（边码726）。那时，欧洲和中国之间的交流没有实质性进展。事实上，欧洲在火炮方面的应用很快远远领先于中国人，硝石、硫磺和木炭的配方在1300年前后就已经出现了。据说培根（Roger Bacon，1214?—1294）发明了一种焰火，但是，与通常的记载相反的是，他并没有发明黑色火药。几乎与此同时，一名叙利亚的阿拉伯语作者哈桑（Al-Hasan al-Rammāh，约活跃于约1280—1290）在一篇军事论文中明确地指出，硝石是烟火配方的主要成分，并且详细描述了如何通过溶解和反复结晶从其他盐中分

379

离出硝石的步骤[8]。不过，他显然并不知道黑色火药的推进力。同时代归于马库斯（Marcus Graecus）名下的《烟火篇之火攻》（*Book of Fires for the Burning of Enemies*）一书，汇集了许多相当古老的烟火配方，并在1300年前后增补了硝石提纯和火药制作等内容[9]。

马库斯写道："硝石这种矿物在自然界以石头上的粉化物形态出现，可溶于开水中，然后将溶液倒出来过滤，加热一整天一整夜后，在容器底部就会出现一薄层透明的固体盐的结晶物。"他补充道，"有两种办法制作'空中飞扬的烟火'"。一个配方是用1份树脂、1份硫磺和（6？）份硝石，完全磨碎后溶解于亚麻油或者月桂油（更佳）中。把上述混合物填充进芦笛或空心管子里，就可以点燃使用，能够射到预想的地方，点燃任何东西。另外一个配方是将1磅硫磺、2磅柳木或椴木木炭、6磅硝石，在大理石上研磨成很细的粉末，这种混合物可填充进火箭里（和前文一样），或作为炸药使用[10]。

380

在《烟火篇》一书中，仍然没有提示焰火可用来投射弹丸。因此，尽管关于这方面的烟火技术知识是从远东传入欧洲的，欧洲人却是自己重新发明了（正如传统所坚持认为的那样）使用黑色火药的大炮和其他兵器。

在火药所需的成分中，木炭在远古时代就为人们所熟知。直到18世纪末期为止，炭化方法也没有真正的改进。硫磺的使用历史比较模糊，尽管人们也是很早就知道了它。根据阿格里科拉（Agricola，1556年）的记载，硫磺是从含硫磺的矿石和泥土（如含天然硫磺的火山灰）中提取出来的，或者通过蒸馏黄铁矿获得。先把天然硫磺放到坩埚里加热，蒸发出来的气体在第二个坩埚里液化，然后在第三个坩埚里去掉液体后得到固体。或是将黄铁矿放在坩埚里加热，坩埚底部有洞，硫磺熔化成液体后从这个洞里流到另一个盛水的容器中（图344）[11]。升华后得到硫华，多用于制药。如要做炸药，可以把寻常的硫磺放在坩埚里"软化"，改善其性能，这样硫磺就会完全

熔化。给 1 磅硫磺加入 0.5 盎司用水银降低了活性的硫磺，再将这些东西完全混合，最后把硫磺倒进上好的白兰地酒里，使它更干、更热，性能也更佳[12]。

根据烟火方面书籍的详细记载，硝石需要最仔细的处理，以使其凝固。对此，烟火书籍中录有多种制造方法。硝石最早的来源可能是起霜的湿墙（边码 370），后来可以从马厩、鸽笼、猪圈等处的含氮泥土里滤取出来（图 336、图 337）。以下是 15 世纪叙述的一种从含有多种杂质的液体中提取硝酸钾的办法：

如果你要去除盐和明矾提纯硝石，可以取生石灰 2 磅、铜绿和白矾各 1 森特纳（英担），2 森特纳盐，用酒或醋配出一份碱液。把碱液静置 3 天以使其净化。然后，根据需要把硝石放进铜制容器中，加入



图 344　从黄铁矿中用蒸馏法提取硫磺。
阿格里科拉，1556 年。

381 配好的碱液，使之刚好浸过固体表面。完全混合后煮沸，令其体积减半，然后倒出液体，你将看到明矾、盐和所有杂质都沉淀在铜制容器的底部。将液体（先前是碱液）冷却后，就得到水晶似的硝石。当硝石开始结晶时，就可以倒掉液体了，然后再把晶体放到太阳下干燥即可[13]。

另一种从食盐里分离硝石的办法是用冷水冲洗，在此温度下食盐的溶解度较高。据说，添加尿液能促进硝石结晶。16世纪又出现了一种广为人知的改进办法，即向石灰水中添加碳酸钾。把含硝石的泥土放进一个大桶里，交替分层放置木灰和石灰的混合物，最后加水浸没。过一段时间，溶液蒸发，加入更多的混合物加热，使之浓缩。作为最主要杂质的食盐首先沉淀。然后，把溶液放进另一个容器中冷却，以便让硝石结晶出来[14]。

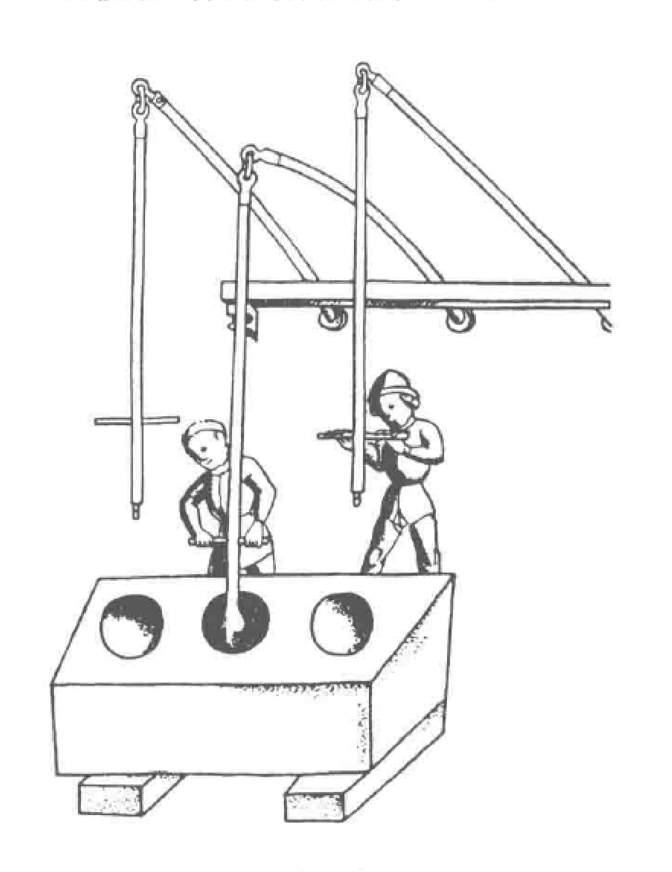


图345　在研钵中研磨火药。
杵用有弹性的杆悬挂起来。摘自《火药书》(*Feuerwerkbuch*)的手稿，1450年之前。

除了正确制备上述3种成分外，制作好的火药还要求3种成分严格按比例混合。配比根据不同目的而有所变化，大炮跟手提枪械要求的火药并不相同。人们为了找出最佳火药，尝试过大量不同的配比，也尝试添加少许其他物质，例如氨盐、砒霜和锑等，以及研磨时加酒精而不是加水。15世纪早期，通常硫磺和木炭的重量比大约为2∶1，加进去的硝石的比例按最后预期的火力分别为4、5、6不等。现代的配比为硫磺占1，木炭占1.5，

硝石大约占 7.5。起初，人们用杵和研钵进行混合和研磨（图 345、图 346），后来逐渐被牲口或水力驱动的滚压机所代替。混合物须保持潮湿以避免处理过程中出现意外，发生爆炸的情况并非罕见。直到 16 世纪中期，火药仍像磨出来的面粉那样细，但是后来火药改为湿筛，使其相互蹭擦成颗粒状。起爆火药仍然要求用细火药，大量直接燃烧的颗粒状火药则能在相当程度上减少推进装药的体积。

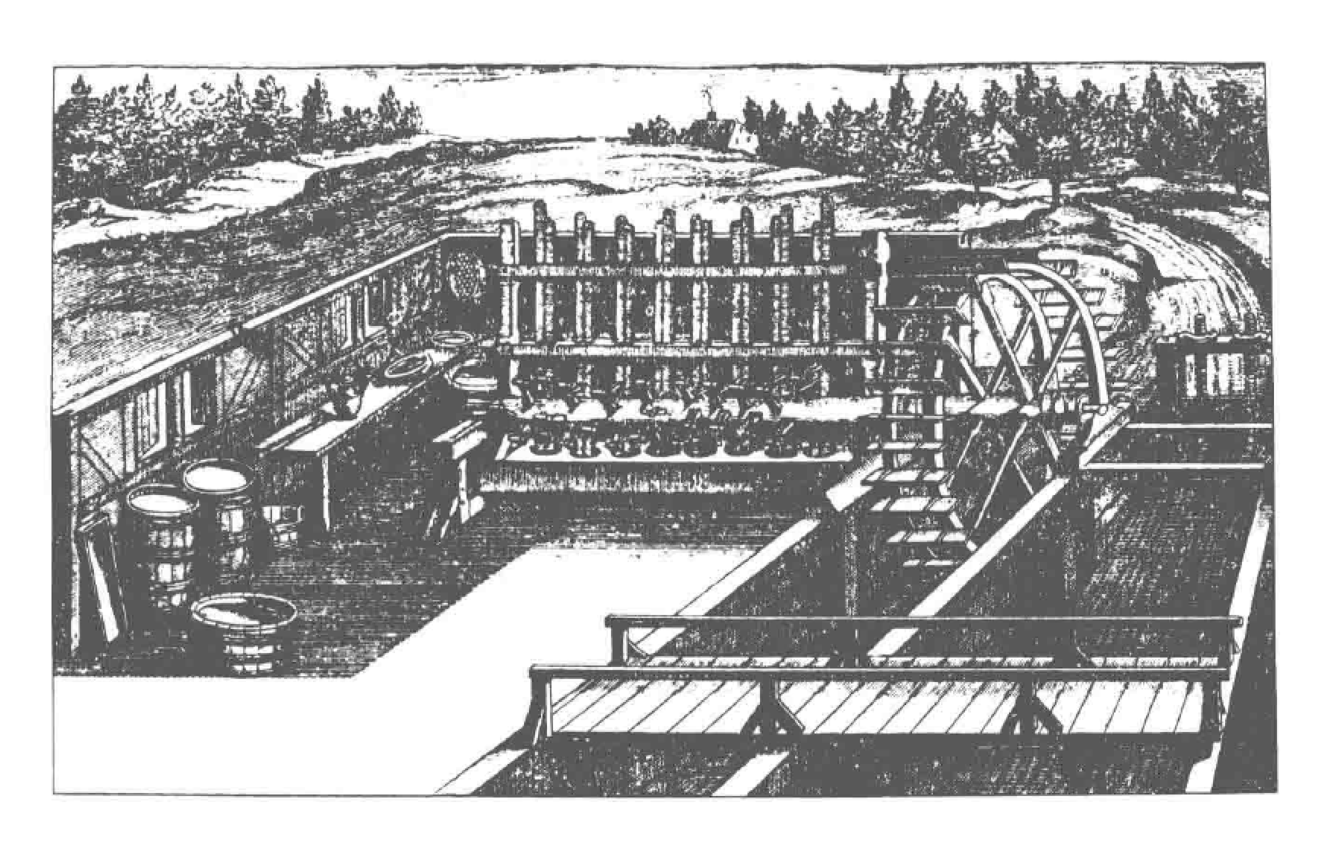


图 346　一座大型水力驱动的火药制造厂。
先由水车驱动连轴的梃杆，再由梃杆带动 16 根压模上下冲压。摘自一幅 1676 年的雕刻图案。

相关文献

[1] Procopius *Hist. bellorum*, VIII, xi, 35–38. (Loeb ed. Vol. 5, p. 160, 1928.)

[2] Leo VI *Tactica*, c. xix, 58 (p. 347). Elzevir, Leyden. 1613.
Anna Comnena, XIII, iii, 6. ('Alexiade' , ed. and French trans. by B. Lieb, Vol. 3, p. 96. Les Belles Lettres, Paris. 1945. Engl. trans. by Elizabeth A. S. Dawes, p. 329. Kegan Paul, Trench, Trubner, London. 1928.)

[3] Mercier, M. 'Le Feu Grégeois' , p. 36. Geuthner, Paris. 1952.

[4] Joinville, Jean de. 'The History of Saint Louis' , trans. by Joan Evans from the modernized French ed. by N. de Wailly, p. 61. Oxford University Press, London. 1938.

[5] Davis, T. L. *J. chem. Educ.*, **24**, 522, 1947.
Goodrich, L. C. and Fêng Chia-Shêng, *Isis*, **36**, 114, 1946.
Wang *Ling. Ibid.*, **37**, 160, 1947.

[6] *Idem. Ibid.*, **37**, 162, 1947.

[7] Goodrich, L. C. and Fêng Chia-Shêng, Ibid. **36**, 122–3, 1946.

[8] Sarton, G. 'Introduction to the History of Science' , Vol. 2, ii, pp. 1039–40. Carnegie Instn Publ. no. 376. Washington. 1931.

[9] Berthelot, P. E. M. 'Histoire des Sciences. La chimie au moyen âge' , Vol. 1, pp. 89–135. Imprimerie Nationale, Paris. 1893.

[10] *Idem. Ibid.*, Vol. 1, pp. 108–10.

[11] Agricola *De re metallica*, trans. by H. C. Hoover and Lou H. Hoover, pp. 578–81. Mining Magazine, London. 1912.

[12] Hassenstein, W. (Ed. and Trans.) 'Das Feuerwerkbuch von 1420' , p. 60, col. 2. Deutsche Technik, Munich. 1941.

[13] *Idem. Ibid.*, pp. 53–54.

[14] Agricola. See ref. [11], pp. 561–4.

参考书目

Sarton, G. 'Introduction to the History of Science' , Vol. 1, p. 495; Vol. 2, ii, p. 1038. Carnegie Instn Publ. no. 376. Washington. 1927, 1931.

Mercier, M. 'Le Feu Grégeois' , pp. 151–8. Geuthner, Paris. 1952.

第3编

物质文明

第 11 章　中世纪的工匠

R. H. G. 汤姆生（R. H. G. THOMSON）

11.1　技艺的相互关联

383

每一种普通工具的历史，都可以上溯到远古年代早期、中世纪早期或晚期以及文艺复兴时期。虽然这也许是一项极其枯燥乏味的工作，但确实很有启发性，因为目前人们对这方面的认识还十分匮乏。不过这也说明了另一点——许多工具可能在这么长的历史时期内基本上没有太大的变化。本章将从时间上对它们作一个横向比较。除两幅外，所有插图均取自 12—15 世纪这一时间段的文献记录。这些插图展示了当时的工匠们如何使用工具，这些工具中有许多经历几百年甚至几千年仍变化不大，有些甚至流行到现在。直到 16 世纪，人们才开始系统地用图画方式表现工匠们工作时的情形。在此之前，大部分图画的内容都取自《圣经》，最流行的是表现一些规模庞大的工程，常见的主题是修建房屋或者操作煅炉。描绘诺亚修建方舟的图（图 357），极好地表现了当时木匠工作的情况。另一幅图表现的是工兵在前线上修建防御工事的情形（图 350）。

建造一座大教堂需要各种工匠的合作，石匠和建筑匠的工具要由铁匠来打造、打磨和抛光，木匠搭建脚手架和支撑拱形结构的木架。他们中许多人用的都是一些常用的工具（农具见第 3 章），另外一些匠人——像水管匠（一些铅制零件见图 404）、玻璃匠（图 310）等——

只能使用他们自己的专用工具。下面我们将以中世纪为背景，横向比较一下石匠、木匠和铁匠这三种工匠的技术情况。需要说明的是，在所讨论的这一时期，实际上还包括此前几个世纪，熟练的工匠就已经形成了自己的行会组织，不少行会还进一步细分为更专业的小团体，学徒也是普遍存在的。因此，劳动力状况极为复杂。这些问题虽属历史学范畴，却是经济学现象，而非技术问题，因而在此不予讨论。

384

11.2 石匠

我们对中世纪建筑的印象，很自然地大部分来自那些保留至今的建筑。在中世纪，人们很少用石头或者砖块修建房屋，即使是贵族，也大多使用木材、树枝、泥、茅草等作为原料。但是，木材在建筑用材中的支配地位，丝毫没有缩小建筑物以石材为设计中心的范围，像城堡、教堂、城墙和一些其他建筑。

传统的采石工具在本书其他章节另有描述(边码 36)。中世纪时期工具的刀刃部分是铁制的，这和古埃及石匠使用的工具颇为不同(第Ⅰ卷，边码 569)。古埃及人先用石锤敲击进行粗加工，然后再用铜凿精加工，现今的采石工具则普遍用合金钢做刀刃，并借助气压传动装置进行加工。因为交通困难而且速度很慢，建筑材料的运输费用往往很高，甚至超过雇用采石匠的总价。

15 世纪修建伊顿公学使用的石材成本价不过每车 1 先令，可是从约克郡哈特斯顿通经过了陆路、海路和运河的运输之后，费用得额外增加 6 先令 6 便士[1]。结果，人们首先是使用本地石材，再就是尽可能多地将石匠的粗加工活在采石场就地完成。这样，采石场就成了石匠的培养地，在那里能学会一般手艺。

中世纪并没有类似于专业建筑设计师这样的角色，但整体的设计和整合也不是仅仅靠工匠的合作就能完成的，通常由一位从行会的学徒出身的石匠工头来统管全局[2]。15 世纪晚期德伊夫利(Henry de



图 347 摘自一部 15 世纪早期法国圣经故事手稿中的一幅图片。画面上，法老王正在向犹太人布置任务。图中的脚手架是最简单的样式：十字形的木梁架起螺旋形的楼梯，木梁的一端伸进墙内，另一端垂直于地面；脚手架被支柱架得很高。一名工人正扛着一桶灰泥走在楼梯上。另一名石匠正用一把凿斧凿平一块石头。

Yevele，卒于 1400 年）是一名颇负盛名的石匠工头，主要修建了威斯特敏斯特大教堂，死后的遗嘱中留下大量遗产和捐赠物，这说明他生前相当成功。除了监工，那些石匠工头或者建筑匠工头自己也做一部分工作。图版 30B 显示一个拿着锤子和直角曲尺的人，可能正要去测量水平面的时候，被叫去和上司讨论工程的进展情况。

石匠工头手下有一大批石匠行会成员和粗石匠。石匠行会成员在雕凿软质石料、细砂岩和石灰石等方面很熟练，这些石材可任意切割[3]。尽管大多数线脚模板的设计是固定的，而且带有本行会的特点，但是每个石匠的个性技艺仍然有很大的发挥空间。石匠行会成员这一名称最早在 14 世纪开始使用，最初可能并没有什么特殊的含义。粗石匠主要配合石匠行会成员做一些技术含量较低给石头定型的活，包括做直线脚、方石块和其他一些石匠活（图 347），精细的雕琢和复杂的线脚则需要石匠行会成员来完成（图版 31A、31B）。这些工匠都有下手帮他们搬运石材。

现代的石材加工工业中，通常用圆锯把大石头锯成形。在中世纪，人们偶尔使用锯子处理软质石料（图 348），不过在初次成形时用的工具和今天一样，也是一种带刃的

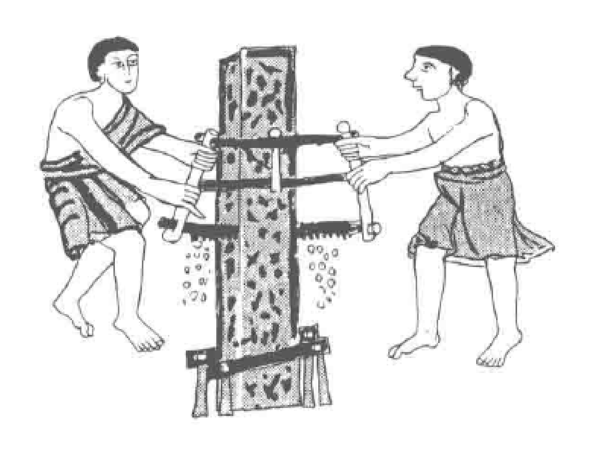


图 348 两人用框锯切割一块大理石板制作饰面。摘自一部 11 世纪的意大利手稿。

长柄大槌——粗凿斧。接下来，要么是用扁平锤粗凿石材，要么是用大头锤和凿子进行雕琢。石匠用的凿子那时叫扁头凿(图25)，刃朝外，边缘可能有锯齿用来铲平石块的表面。从许多图上可以看出，中世纪石匠的工具和现在的差不多，都由古老的工具演变而来，带齿的扁头凿和锤子使用得相当普遍(图版31A)。有些图画表明，锤子和凿子被用于平整表面(图349—350)，但其他地方明显表现出对各种形状的扁平锤的偏爱，它们既用来平整表面(图347)，也用来雕刻(图版31B)。

386

锤子、直角曲尺、铅锤是石匠的行业标志。直角铅锤常常用于测量平面是否水平(图版30B)，这一点从古埃及时期就开始沿袭下来。16世纪发明的水平尺十分精美，比起古希腊人和古罗马人的笨重不

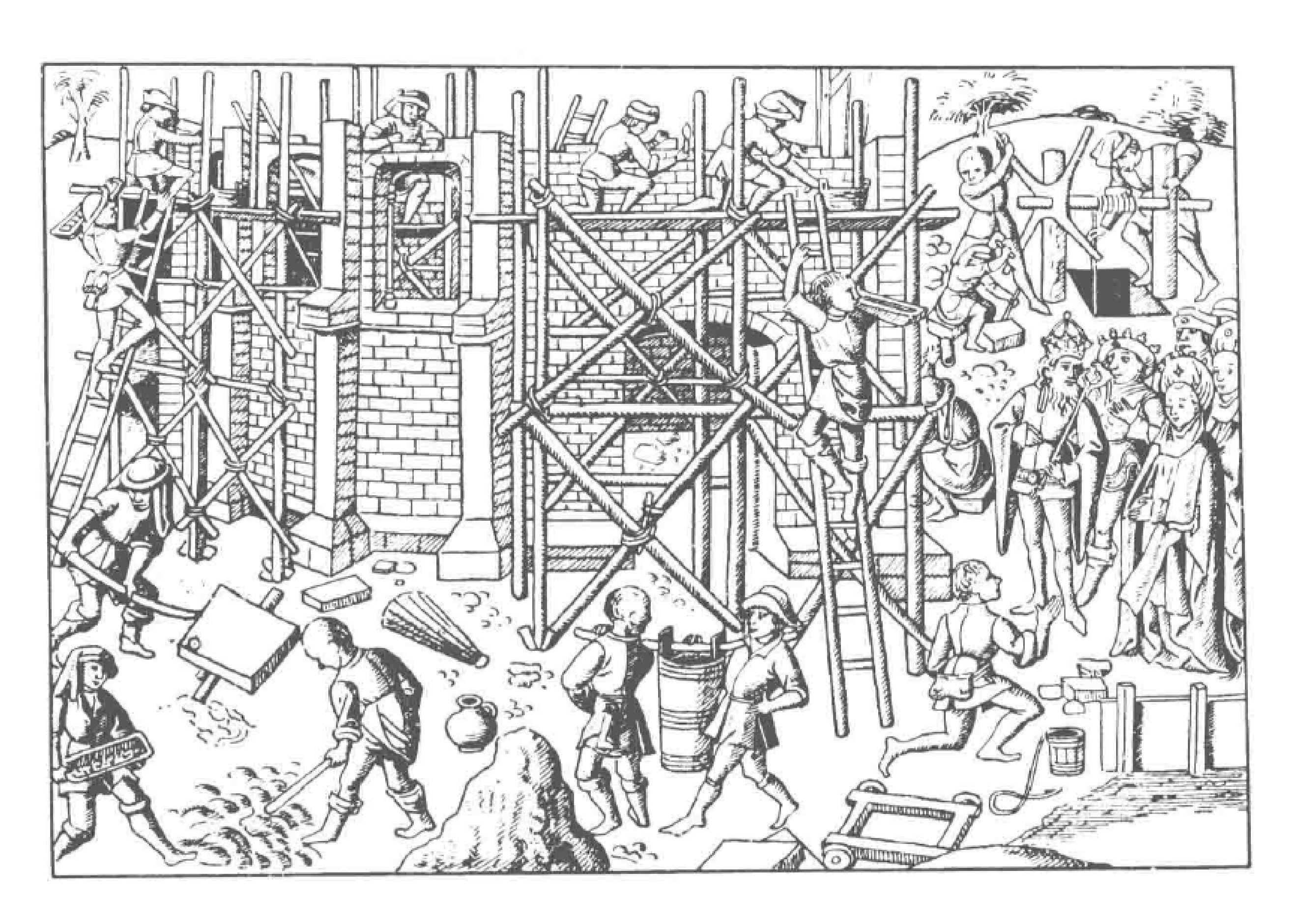


图349 修建石制建筑物用的脚手架。
所有支柱沿对角线绑扎加固。石匠工头正在迎接查理大帝(Charlemagne)等一批贵人。工人们用槌棒和凿子凿平石块。抹灰泥用水由一口新挖的水井提供(镇上用的泵是人们用矿井的排水装置改造的，见图11)。注意砌石墙用的泥刀。图画出自一部1460年的法国手稿。



图 350　在敌人的炮火下修建石桥和木制防御工事。树木被砍倒，用斧子修平整，然后用双人竖拉大锯锯成厚木板。再把厚木板锯成长条，用销子连接起来。图中地上放着一把直角尺、一把修整斧、一把钳子、一把曲柄钻和一把手锯。石匠用槌棒和扁头凿平整石头，抹上灰泥后运到建筑匠那里，后者在抵挡敌人炮火的掩体后面工作。这幅图描绘了查理大帝的攻城情景。出自一部 1460 年的法国手稿。

堪、灵敏度很低的水台，实用价值要大得多。结构简洁的铅锤，同今天一样应用广泛。直角曲尺（图 347，图版 31A）的两臂上都有刻度，用直角三角形两边之比就可以设定倾斜度。以角度为单位进行测量，即使在今天都算得上一项复杂的精密技术，更适宜用于绘制图纸而非工人操作。和石匠一样，木匠也很自然地经常使用铅锤和水平尺。石匠另有一种专用的圆规，用来画圆和弧（图版 31A）。

北欧人使用的砂浆一直用沙子和石灰石混合而成。很多图画显示，人们用一种槽形的灰浆桶来盛放和搬运砂浆（图 347、图 349）。正确烧制石灰很重要，直到 19 世纪，还没人能继维特鲁威之后使用正确

387

集料的配比[1]。结果，中世纪以及后来的许多石头建筑都是用很靠不住的粉末状砂浆砌合起来的。

罗马人在不列颠的统治结束以后，砖瓦的生产停止了[4]。取而代之的茅草和木瓦（图 392），都是易燃物。由于这个原因，伦敦从 1212 年开始强制使用瓦片做屋顶，瓦片生意开始兴盛起来，到 15 世纪时已经形成了一个庞大的瓦片需求市场。不过，当时的造瓦商虽然不多，但由于一开窑就要好几天不熄火，瓦窑排放的大量烟雾逸入当时未受污染的大气中，既令人作呕又有损健康（图 351）。由于成本更低且制作更简易，砖开始应用并逐渐取代了石材。大批制砖工人和砖匠是来自佛兰德地区的外国人，那里的木材几乎已经用光了，石材又很少，因而在很早的时候就不得不用上砖瓦（图版 31B）。砖匠的主要工具有泥刀、砍砖用的锤子和水平尺。现在的砖匠如果拿着中世纪时候的泥刀，可能会看不出与他自己的工具有任何不同之处（图 347、图 349，图版 31B）。

图 351　制作砖瓦的情景。
最前面是在用水混合黏土，然后在工棚里手工模造，使用的模具可能是四边形的，然后堆在图中左边晾干。窑在图中右方，烧好的砖由两个工匠放好。彩色原图中窑的底部还可以看到火焰，而窑上部敞口处是红色的。摘自一部 15 世纪中叶的佛兰德地区的圣经手稿。

388

为了举起重物，人们使用了简单的提升设备。通常是在起重杆顶端装一个定滑轮，地面上设置一个绞盘，用辐桢来旋转（图版 30B），要么就是加上一个当时刚出现的曲柄（图版 31A，边码 652）。绳子的一头穿过绞盘，系上重物，另一头则固定起来。石匠很少使用滑轮、起重机或者踏车，虽然某些行业用上了这些起重设备（边码 646，图版 38B）。罗马人和埃及人几乎从不用大石块，不然就不得不用非常

1　波特兰水泥的专利在 1824 年失效，但那是水泥集料的最优化比例被确定以前数十年的事。

大的工具来加工（边码 658 及以后）。

特别有意思的是中世纪脚手架的种类和样式。它们既不如现在的常见，也没有那样优美。脚手板的支撑梁常常只是插入已经建好的墙上预先挖出的洞里，等着被后面更高的支撑梁取代或者加长（图 347，图版 31A）。有时候则用木杆绑扎成框架，类似于在管状钢材出现之前一直使用的脚手架（图 349，图版 30B）。一副具有代表性的脚手架可以在图版 31B 中看到，在不同层之间有式样很现代的梯子。

11.3　木匠

搭建脚手架是木匠（木匠一词的来源和含义，见边码 233）的工作。在以石头为主的建筑工程中，木匠的首领往往由业内高手来担当。他不仅要搭好支撑拱券的券架，确保券中的楔石就位，还要负责所有临时使用的木架和工棚。在一般的工程中，他同时也是整个工程的总指挥（图版 30A）。

389

除了锤子以外，历史最悠久的木匠工具就是斧子。起初，斧子的用途要比锯子重要一些，直到锯子演变成电动圆锯，才改变了这种局面。单靠框锯把大块的圆木锯成木板是极为困难的。沿树干径向用楔子和斧子劈成的桁条尺寸较小，损耗也大，因为还得把劈下来的楔形桁条修整成方形。由于木头在风干收缩时是各向异性的，只有径向分割的板块才没有了弯曲和变形应力。基于这一重要的优点，没有比风干和径向劈开的栎木厚板更可靠的木材了。

390

木匠主要用斧子把厚板修整成方形。从现存的古代木结构文物中可以清楚地看出，中世纪木匠完成这项任务的技巧远胜于今天的木匠或伐木人。这些绝技在至少三代人之前就已失传[5]。图 352 中是一把典型的修整用的斧子。图 353—354 是更早的修整工具。刀身装了一个长方形截面的手柄，免得被扭转。更早以前，也就是直到 13 世纪末期，更流行的是一种酷似战斧的斧子，刀刃是向外弯曲



图 352　用斧子修整木材。
图中学习手艺的年轻贵族就是后来的皇帝马克西米利安一世(Maximilian Ⅰ)。从图中可以看出，当时判断斧子修整好坏的标准似乎是很严格的。这种斧子的斧刃不均匀，所以其中一边——也就是图中较远的那一边，几乎是完全平的。注意那把双柄锯子，以及那两个木匠腰带上插着的锯条。图中地面上放着一条绳索，上面涂了颜料粉，那是做标记线用的。本图源自16 世纪，但图中的工具和 2 个世纪前使用的没什么本质差别。摘自约 1514 年维也纳的一本名叫 *Weisskunig* 的马克西米利安的自传体书稿。

的(图 357—358)。那时候的砍斧还没有完全演变成今天这样完美的形式，这也被视为完满演化的一个范例。中世纪的斧子头部形状各异(图 350、图 355)，手柄和现在一样是椭圆形的，但没有被弄弯。

锛子已经不再是古埃及人的万能木工工具了(第Ⅰ卷，边码 687，图 134、图 487)，在很多操作中被斧子取而代之。图 361 可以看出造船业的情况。锛子在这一行业一直很实用，特别适用于修整弯曲状结构。1500 年的木工工具商店里，就出现了小锛子(图 356)。

在木匠的标志工具里，除了斧子以外，锯子可以排到第二位。中

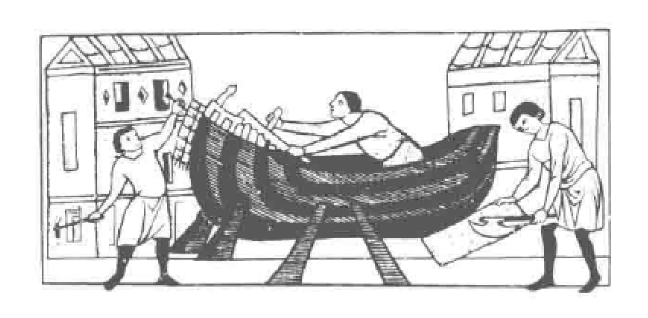


图 353　造船者。
比例有点变形，要是羊角锤和修整斧按实际比例表现的话，那么锯子和钉子的齿就会非常小了。出自 13 世纪晚期的法国历史记载。



图 354　木匠们造桥的情景。
用斧子修整一根木梁，锯开，再用槌棒和凿子做出榫眼，然后用螺丝钻钻个孔放销子。桥旁边放着把简形的螺丝钻。出自一部 1460 年的法国手稿。



图 355　伐木工。
上面的人用一把砍斧砍掉旁枝。图中的框锯和现代的样式一样，用西班牙式绞绳扭紧。出自 15 世纪（法国）勃艮第的一幅挂毯。



图 356　木匠一家。
木匠的工具架上包括一套凿子、槌棒、钳子，还有两把曲柄。他正用一把刨子费劲地刨光一块木板。在他面前，放着一把修整斧、一把大凿子和一把小锛斧、一个标记工具、一把槌棒、两个凿子、一把精细刨子、一把直角尺、一副圆规。出自 1500 年布尔迪雄（Jean Bourdichon）的微型画。

世纪的锯子样式和现代一样多。手锯的锯齿朝把手的另一方倾斜，以便向下用力，这和现代的手锯一模一样。由一般是马刀形的手锯的比例放大来判断（图 350、图 354，图版 30A），锯身必须厚度足够才能保证合适的硬度。需要提及的是，当时还没有出现枪式握把。双柄锯（图 352）在使用时容易拉紧，因此不装带扣。

391

古罗马的壁画中曾出现过框锯，只是没有调节拉力的装置，似乎中世纪初期才有这种设计。然而，在一幅 12 世纪意大利镶嵌画上，木匠就已经使用了一种完美得令人惊讶的工具——它的刃可以被拧成与框不在一个平面上，这样锯木板的时候就可以沿长轴方向锯了（图 357）。一块 15 世纪的挂毯也很好地描绘了中世纪时期的框锯（图 355）。除了被劈开以外，大圆木也可用双人竖拉大锯锯成厚板。人们把大圆木放在一个大坑上，下面的人就待在坑里。我们在图 357 中看到圆木被放在离地面很高的支架上，不过这么做也许是由于急需锯料。图版 30B 中，木匠盖房子的工地离住地有 1—2 英里远，他们的木头大部分是在那里锯的。图 350 中，工匠们是在敌人的炮火下干活，要是能有这样的坑当然更安全，可是挖的时间是个问题。在锯之前，人们先把木头放平，用沾了粉或颜色的线张拉在木材头尾两端，之后轻拉线中部再弹下去，就标出了加工记号（图 352）。在底下拉锯的是小木匠，工作条件很艰苦。锯开的板自然比劈开的板厚度更均匀，因而发现了它可做地板的特殊用处。

392

凿子（图 354、图 356）和半圆凿都有柄脚和插口，它们在青铜时代就发明了（第 I 卷，第 22 章），现代的车木机床上也用了相同的结构（边码 249 以后，边码 643）。简易的拉刮刀——辐刨的前身——在刀身两端都有手柄，是用于刨平弯曲表面（像轮辐或扫帚柄）的最有效工具。虽然 16 世纪之前对拉刮刀的图片记载还相当罕见（图 225E），但可以肯定它早已为罗马人所用，而且中世纪也一定有人用过。另一种重要的刀具——刨子，在历史上屡经改变。在庞贝城[6]和罗马人

393

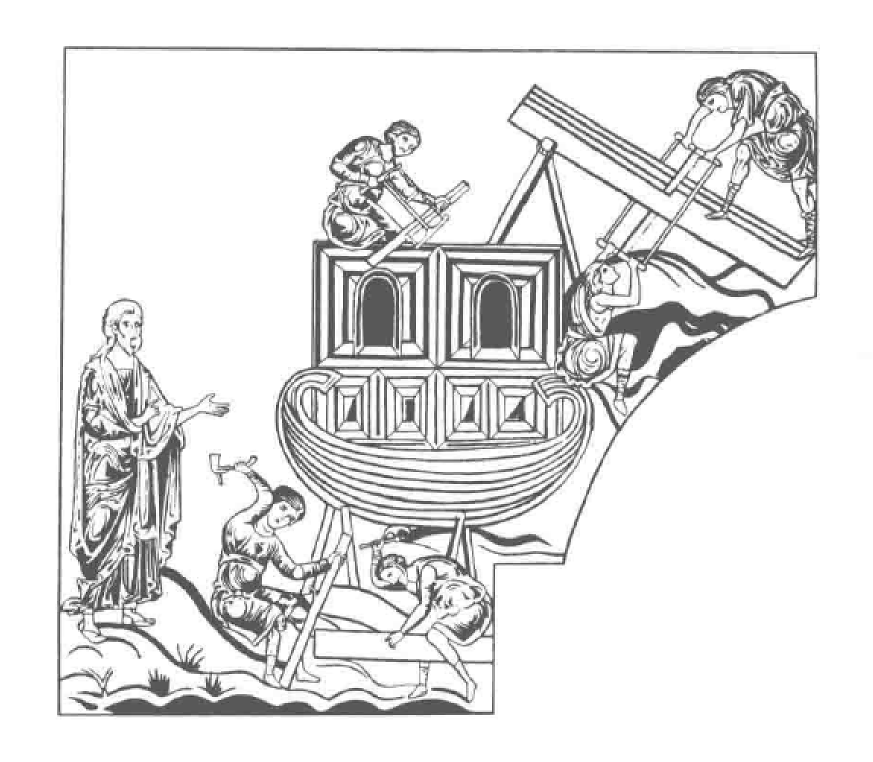


图 357　诺亚（Noah）制作方舟。
图中展示了两把精细的锯子：左边的框锯和右边的双人大锯。下面的两个木匠在修整木板，左边那个用的是把锛斧，右边那个用的是把砍斧。出自 12 世纪蒙里奥的教堂的镶嵌图案。

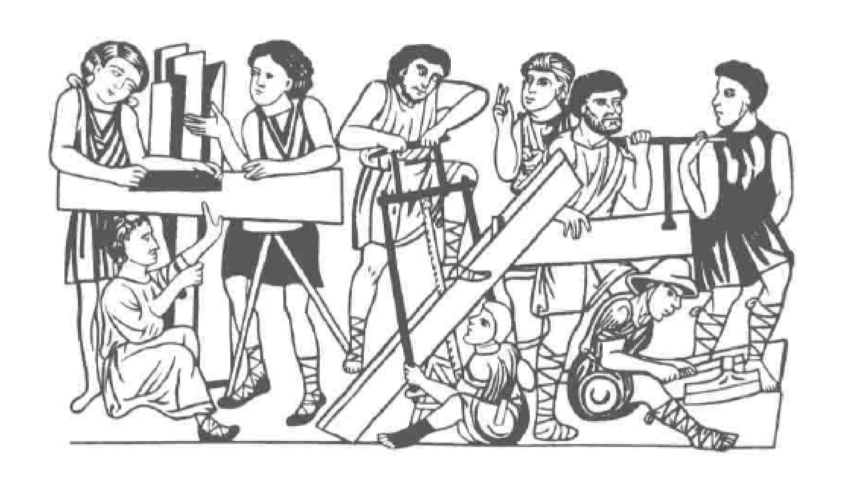


图 358　木匠制造木舟。
左边是把中世纪早期的刨子，中间是把双人大锯，右边是螺丝钻，右下角是把修整斧，斧刃很阔。出自 13 世纪威尼斯的圣马克大教堂门廊上的镶嵌图案。

统治下的英格兰，这种高度发达的木工工具已经在使用，但是据说它曾衰落了一段时间，一直到大约 13 世纪（图 358）。一位 14 世纪的作家很肯定地说，他小时候从来没听说刨子，它是在他那个时代开始采



图 359　制作螺丝钻和手钻的工匠。
3 个旋转处的尖端都是锻造的，而不是锉出来的。纽伦堡，1526 年。



图 360　锉刀制造者。
工匠用一把锐头铁锤在锉刀上砸出线条。他用的铁砧被深深钉进一块大木板中固定。纽伦堡，1417 年。

用的。把一块木板表面刨平一般要用两种尺寸的刨子，较小的细刨不能刨去面积比较大的表面隆起，较长的半精刨用于完成最主要的刨平任务。一个 1500 年前后的木工为使用各种刨子作了很好的示范（图 356），那时很可能还有线脚刨，这是罗马时期就已经出现的[7]（边码 232），在文艺复兴时期曾经风行一时（图 220）。

罗马人也可以宣称发明了各种钻头，它们一直应用到 19 世纪发明螺旋钻为止，能将木屑带到钻孔外。中世纪使用的一种钻头形状像汤匙，底部是圆的或者尖的（图版 30A），通常有几圈螺纹（图 359）。筒形钻头的形状呈半圆柱体，长 4 英寸，边缘锋利（图 354），用的时候得先用槌棒和半圆凿在木头表面钻个洞。中心钻头相当于一把三叉耙，只是两边的侧叉中有一个（或者两个都）被做成刀刃。筒形钻头特别适用于钻比较深的孔，即使在螺旋钻出现之后也是如此，因为螺

旋钻容易顺着木头的纹路方向滑动，越钻孔越偏。

中世纪的木匠对其前辈工艺的改进体现在转动这些钻头的方法上。曲柄是一项意义深远的发明（边码 652 起），最初是用两个直角弯管来带动转轮（图 593）和辘轳的旋转（图版 31A）。工具制造者们很快采纳了这个思想，大约是在 14 世纪，使用了 4 个直角弯管来带动钻头旋转[1]。图 356 中的木匠装备齐全，他的工具架上就有两个曲柄（亦见图 350，图版 30A）。对于重活，曲柄不如 T 形手柄的螺旋钻（图 350、图 354）好用，还有些活更适合与它同类的小手钻。

394

图 353 是样式美观的羊角锤。这种平衡对称的头很有用，因为手工制作的钉子比较粗糙（图 40），如果不是特别专业的话，现代的木匠无法把钉子钉进木头里去的，在钉钉子之前先得在木头上凿个孔。钉子和木头销子在图版 30A 中都能看见，通常认为后者更适合细木活和使用大料的木工活（如屋顶的桁架）。那时候金属螺钉还很罕见，即便到了 19 世纪初它还没有尖头，敲钉子之前先得在木头上钻好一个长度合适的孔。另外，中世纪的木匠行会禁用黏胶，这些已为人所知的胶水（边码 363）绝对不能用于那些可能接触到潮湿环境的东西上。

395

制作锉刀的方法是用锋利的锤子在一块平的铁板上打出一系列密实的小槽（图 360）。这需要相当的技巧，锉刀还要经过回火和淬火处理。达·芬奇曾经设计了一种自动装置用来打造锉刀，每次锤子砸下之后，锉刀利用一个螺旋自动向前推进一小段距离。

磨刀具可以用各种质地均匀的石头，变质岩比较常用，因为就算是像页岩这类最好的天然石头，磨刀的效果还不如变质岩。那时还没有像近年来人工合成的金刚砂磨石那样硬度高、不容易产生裂纹的材料。

1　一种由杆弯曲两次而做成的半曲柄钻曾被声称来自罗马人，甚至来自亚述人。见 Petrie, “Tools and Weapons”，图版 78，M3。由于它与偏心把手的手磨很相似，因此它的发明时间不太可能有这么早。

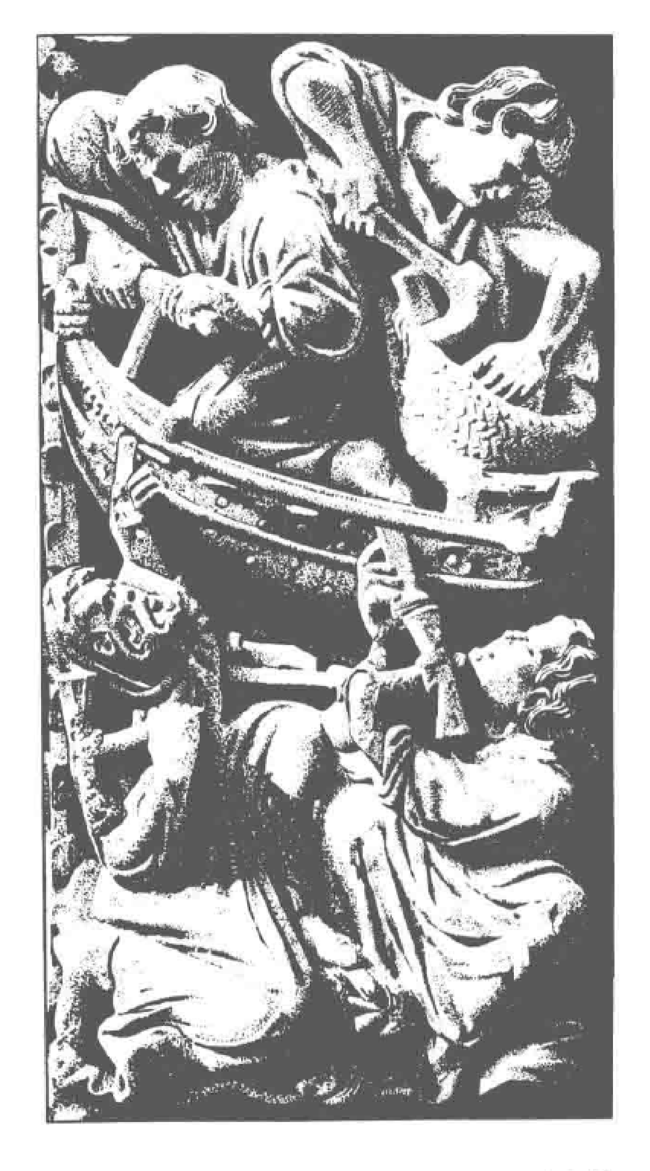


图 361　造船工匠们用锤子和无柄凿子打磨船体，用螺丝钻钻孔。右上方的工匠正从工具篮里取出一把工具，似乎是锛子。出自 13 世纪威尼斯圣马克大教堂外面的浮雕。

需要认识到的是，中世纪时期木匠的工作相当繁杂。木材不仅用于房屋的框架（图版 30A）和船舶制造（图 353、图 361），还广泛应用于日常生活的很多细微之处，例如牛奶桶、浴盆（图 230）、箱子等我们现在可以用其他材料制作的物品，车匠做车轮的原料常常是木匠们不怎么用的弯木头。此外，很大一部分水磨和 14 世纪以后的风车，几乎完全是木制的机械结构（边码 608、边码 623 起）。在这些装置中，早期的单柱风车的全部重量完全由几个大柱子来承担（图 561—563），立起这些大柱子需要相当的技巧和经验。不过由于开采过度，欧洲和之前的近东一样，也开始面临不断加剧的木材短缺问题。

396

11.4　铁匠

中世纪的三种主要工匠中，除了石匠和木匠就是铁匠了，他们一直密切合作。铁匠锻造出来的熟铁用于制造和维修工匠的各种工具（包括农具）和钉马掌（图 41—42），也使木匠的活更加美观、实用，石匠的活更加牢固、优雅。

中世纪铁匠的工具比较特殊，包括各种锤子、钳子、凿子和切刀。除了鼓风机以外，当时的铁匠铺很小巧，就像在现代乡镇铁匠铺

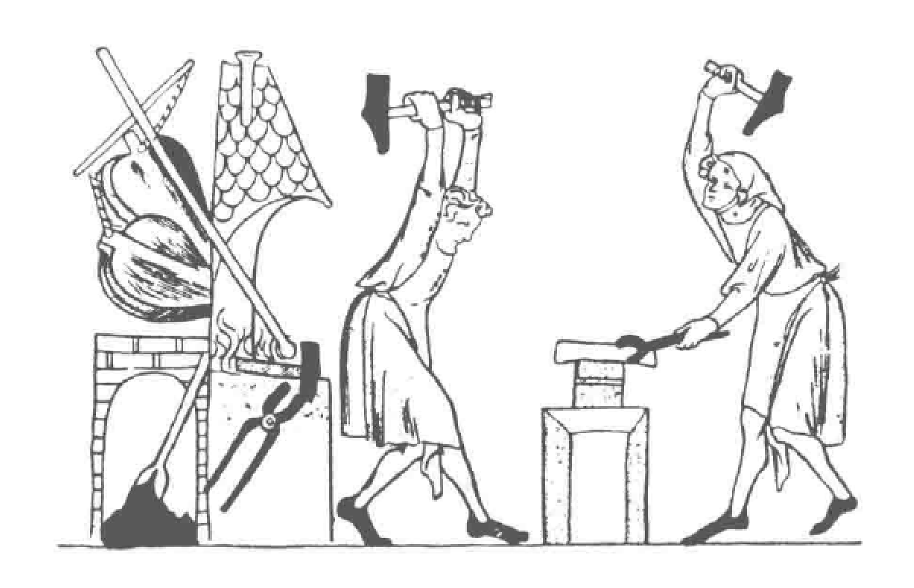


图 362　铁匠。
图中两人正在一张砧板上锤打一块红热的大铁板，两个手动操作的鼓风机轮流向炉子里鼓风。出自一部 14 世纪的英格兰手稿。

中看到的那样（图 362）。大一点的铁匠铺还有水力驱动的重锤（边码 73），不过最需要技巧和经验的工作还是简单工具的焊接和打造。以镰刀（边码 95 及以后）为例，它的刀身是刚性较大的锻铁，刀锋却是钢的。至于盔甲匠和锁匠的技艺，自然就更加专业化了。

以上的这些简单概述，或许能够揭示中世纪时期的工匠和现代手艺人在方法上的一些基本差异。常用工具当然有一些小变化和改进，不过机械动力的普遍应用已经彻底改变了工具的结构。这种改变最早发生的年代，比人们通常估计的要早得多。风车就是这个年代的先驱，正好出现在本卷所涉及的历史时期，并极大地增加了人们可以利用的能源。

相关文献

[1] Knoop, D. and Jones, G. P. 'The Mediæval Mason' ,p. 51. University Press, Manchester. 1933.

[2] Harvey, J. 'English Mediaeval Architects.' Batsford, London. 1955.

[3] Knoop, D. and Jones, G.P. See ref. [1], p.86. Andrews, F. B. 'The Mediaeval Builder and his Methods.' *Bgham Arhaeol. Soc. Trans. Proc. for* 1922, **48** , 63, 1925.

[4] Salzman, L. F. 'English Industries of the Middle Ages' , p. 173. Clarendon Press, Oxford. 1923.

[5] Rose, W. 'The Village Carpenter' , p. 80. University Press, Cambridge. 1937.

[6] Petrie, Sir (William Matthew) Flinders. 'Tools and Weapons' ,Pl. XLIII, figure 39. Egypt. Res. Acc. and Brit. Sch. Archaeol. Egypt, Publ. 30. London. 1917.

[7] Curle, J. 'A Roman Frontier Post and its People' , figure 21. Maclehose, Glasgow. 1911.

第12章 房屋建造

马丁·S. 布里格斯(MARTIN S. BRIGGS)

12.1 希腊时期

397

我们在这里讨论的主题限于欧洲，尤其是那些受古典文明或地中海文明影响最大的地区。当然，各个国家受影响的时间早晚有所不同。

希腊文明并没有在某一天突然中断并被罗马文明所取代，这两种文明在公元纪元前共同存在了数个世纪。在这个时期里，所谓的“希腊化建筑”从特点上看是希腊的，尽管它们都在罗马统治时期建造。此外，我们对希腊建筑方法的了解大多来自罗马建筑学家维特鲁威那本非凡的建筑指南，此书作于奥古斯都统治时期（公元前27—14)。因此，提到许多希腊建筑的特色时就不能不提及他，这位严谨的评论家完全有资格对当时尚存的希腊建筑进行描述和评注。

在许多人的印象里，一提起希腊建筑就会想到大理石的神庙和剧院。然而，最早的希腊房屋却是砖木结构的，想必与前面描述过的新石器时代和早期青铜时代的欧洲建筑并无很大差异（第Ⅰ卷，边码306)。公元前5世纪中叶雅典黄金时期的能工巧匠们，忽视了近东国家在此前创造出来的砖拱顶和砖石建筑方面的许多杰出成就（第Ⅰ卷，第17章)。与其说雅典杰出的大理石建筑来源于古巴比伦的宫殿和迈

锡尼的陵墓，不如说来自那些木构原型。换言之，它们在基本的建筑类型上更接近于欧洲而非亚洲的样式。

维特鲁威没有怎么提到希腊的木材供应。但毫无疑问的是，最早的庙宇墙体完全是用泥砖砌成，往往用石头作墙基，用木材造屋顶，再盖以稻草。当这种建筑的规模不断扩大，尤其是宽度不断增加时，人们就在中轴线上设计了一排木柱支撑大殿的横梁，又用一些撑条和小木柱来支撑栋梁。

398

在其后的发展过程中，木柱被嵌入泥砖墙体中，每一根都与中轴线上的柱子对应。这就形成了原始的木结构，典型代表就是斯巴达的阿耳忒弥斯（Artemis Orthia）神庙（公元前 9 或前 8 世纪）。公元前 775 年之前，当萨摩斯岛上的神庙被重建时，采用的形式是中轴线上设一排柱子，其他柱子嵌在山墙之中。奥林匹亚的赫拉神庙（约公元前 640 年）第一次采用了柱廊的形式，屋顶的重量由填满了土块或泥砖的木柱框架承载，整个建筑用石膏和灰泥涂饰。这些木柱后来被石柱代替，但最初的石头底座保留下来了。在希腊及其他国家，这种古老的半木构建筑风格一直延续至今。

早先几个世纪的希腊砖结构建筑，似乎总是用泥砖或晒干的黏土砖，不论是公共建筑还是私人房屋。一个典型的例子是雅典卫城旧门的半木构高层建筑，另一个例子则是奥林索斯的许多单层建筑的墙（公元前 5—前 4 世纪）。直到公元前 4 世纪中叶，烧制的砖才出现，而且只是偶尔使用。维特鲁威详述了希腊人所用的两种规格的砖，“一种边长为 5 掌，另一种边长为 4 掌”[1]。公共建筑一般使用前者，私人建筑则采用后者。然而，希腊的大多数建筑是石结构的，主要用石灰石和大理石，因此希腊又被称作“大理石半岛”，古典时期的所有重要建筑都用石料建造。阿尔戈斯平原上的各种硬石灰石可以被轻易加工成不规则的形状，用于梯林斯和迈锡尼的多边形古建筑中。但是，古典时期主要采用的是出自伯罗奔尼撒半岛的西部和北部（边码

400）的劣等石灰石（*pōros*）[1]。这种石料表面粗糙并有空腔，是制造灰泥的绝好材料。建筑物的内部和外部通常都要用灰泥涂抹，再用颜料粉刷，所用的灰泥用烧过的石灰石制成。希腊建筑最常用的大理石是彭特利库斯大理石，从雅典向北几英里的彭特利库斯山上开采（现在也是如此）。它几乎完全由碳酸钙组成，破裂时会呈现明显的白色裂缝。帕台农神庙、"忒修斯神庙"（图 363）、厄瑞克忒翁庙、卫城入口、宙斯奥林匹克神庙以及雅典其他主要的公共建筑，都用这种材料建造。它的特点是呈现出拼合极为精细的接合，表面非常光洁，还有各种令人惊叹的视觉修饰，这些使帕台农神庙成为建筑史上的一个杰作。

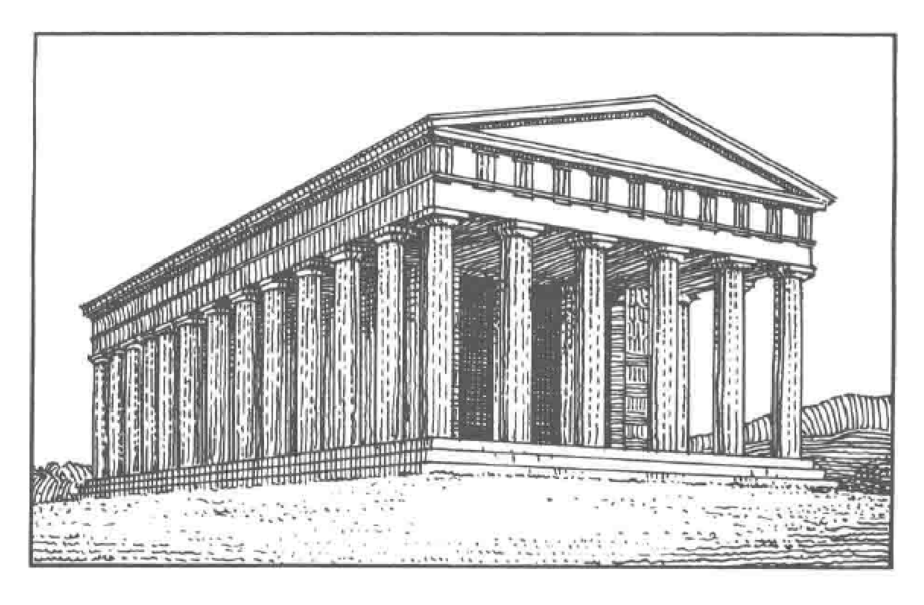


图 363　赫非斯托斯神庙。
由于其中楣表现了忒修斯（Theseus）的一生而被称为"忒修斯神庙"。雅典，公元前 5 世纪。

希腊人从涂了灰泥并用颜料粉刷过的半木构建筑开始，发展到了用灰泥粉刷并油漆的更为坚固的石灰石建筑，现在他们更喜欢集坚固与华丽于一身的大理石建筑。他们从不在建筑中使用彩色大理石，这一点与后来的罗马人不同。除彭特利库斯大理石之外，希腊人主要使

1　劣等石灰石（*Pōros*）由泰奥弗拉斯托斯（约公元前 371—约前 287）在《石头》（*On Stones*）一书中描述成一种适用于建筑的大理石。其动词 *pōroein* 的含意为制造石头、雕琢。它与希腊字 *poros*（孔洞）没有关系。

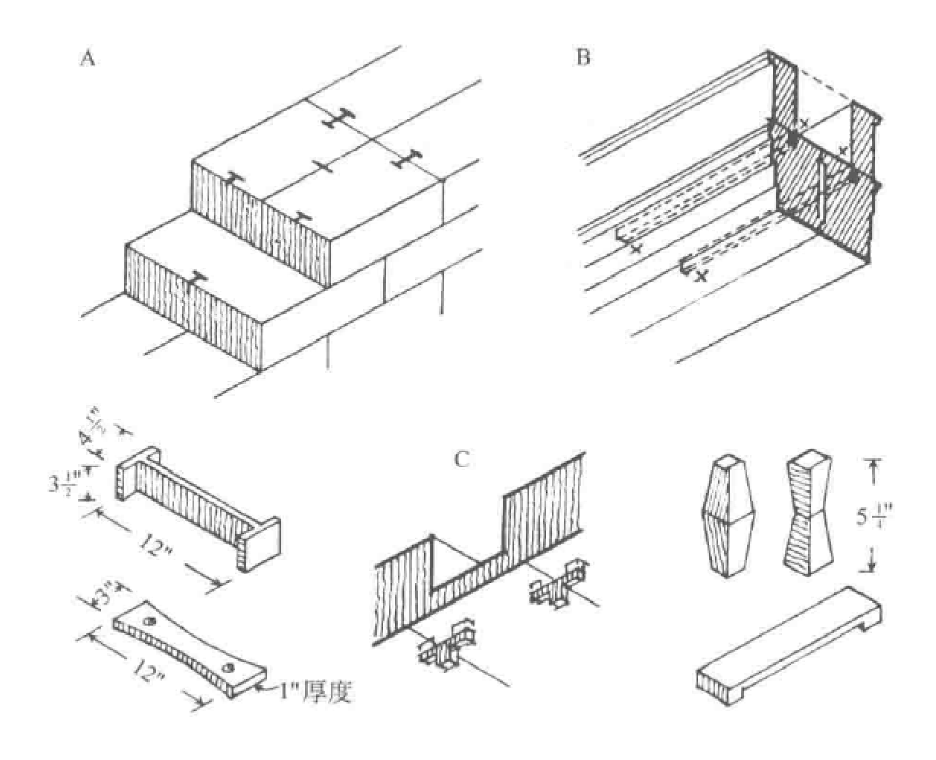


图 364　希腊石构建筑中的金属配件。
(A)金属夹的典型用法；(B)雅典卫城入口的铁梁(用 X 标记)；
(C)铜或铁制的各种榫钉和夹子。

用的是从帕罗斯岛上开采的白色的帕罗斯大理石。不过，厄瑞克忒翁庙和“忒修斯神庙”却采用了黑色的埃莱夫西斯大理石中楣，并用铁夹在中楣上镶嵌白色大理石浮雕。

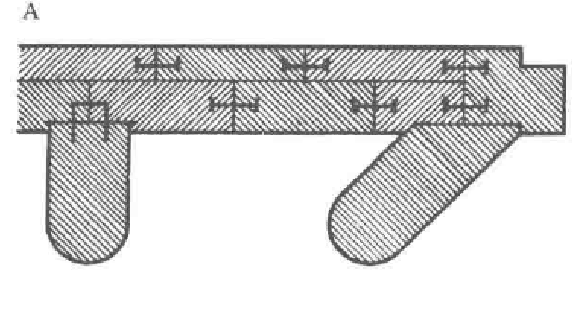
希腊人不喜欢用圆顶、拱门、穹顶等建筑方式，倾向于发展梁柱结构(拉丁文称为 *trabs*)，这是一种柱子和梁或楣组成的结构 [1]。这种建筑风格被采用，是因为用作建材的劣等石灰石和彭特利库斯大理石，可被加工成 12 英尺或 15 英尺长的梁，而且还有适于建造屋顶的木材。

有许多关于希腊石构建筑之优美的记载，这些建筑的级别都很高，尤其是在伯里克利(Pericles，卒于公元前 429 年)统治下的黄金时代。石块之间接缝紧密并用各种金属栓扣固定(图 364、图 365A)；石块在固定之前要经过打磨，以便能够紧密结合。帕台农神庙的柱子里，每块鼓形石头的上下凹槽中的铆钉并不像先前所猜想的那样，能够让两个接合面来回转动以磨合到一起，而是使用柏木钉和凹槽，它只是起

1　楣是跨越在空间的梁。

到榫的作用，将一段段鼓状柱段连接起来。凹槽的边长为4—6英寸，深3—4英寸，铆钉的直径大约有2英寸(图365B)。

伯里克利时代的不少多立克式柱头下的完美圆饰，似乎用车床加工过，但这一点没有确凿的证据。另一方面，萨摩斯的赫拉神庙(大约公元前575年)中的132根柱子，柱基都是用软质石灰石制成，明显有用车床加工过的痕迹，这证实了普林尼的说法。



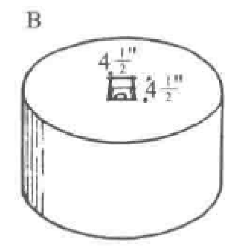
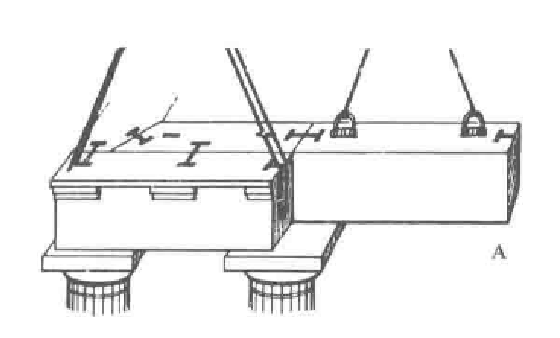


图365 希腊石构建筑的细部。
(A)阿波罗神庙中用于连接石块的铁夹，公元前5世纪；(B)帕台农神庙中的一段鼓状柱段，图中可以看到凹槽。公元前5世纪。

至于一些希腊神庙所用的大量石料的运输(图366)，大理石上的粗糙突起据说是用来绑绳子的桩，以便将这些石料从采石场滚到施工现场，这些突起8—10英寸见方。在某些鼓形石柱的周边的4个点，也留下6—8英寸的突起。但这种观点从实践的角度看是行不通的，这些突起更像是用于吊起石头。如果是短距离的滚动，可能采用图366B所示的设计。帕台农神庙所用的直径超过6英尺的柱段，想必是用30—40头牛拉的车运输的。在西西里的塞利努斯(Selinus)用到了更大的柱段，其直径为10英尺8.5英寸，那里的多立斯式柱头有13英尺宽，附近采石场所产的都是用原始石料切削而成的直径为12英尺的柱段。在阿格里



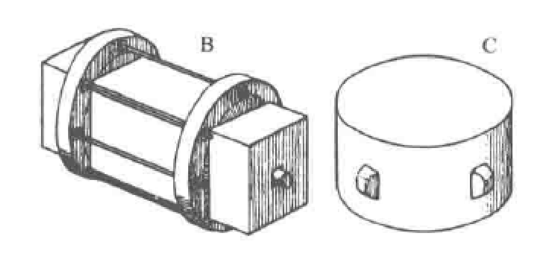


图366 (A)希腊巴赛的神庙中的起重装置，公元前5世纪；(B)搬运大石块的方法；(C)帕台农神庙中鼓状石头上的突起。公元前5世纪。

真托（Agrigento，又叫 *Acragas*）建造的一座神庙，柱子的直径达 13 英尺，但是，单块石料的尺寸达不到如此之大，所以每一柱段都是用一层层方石砌成的。

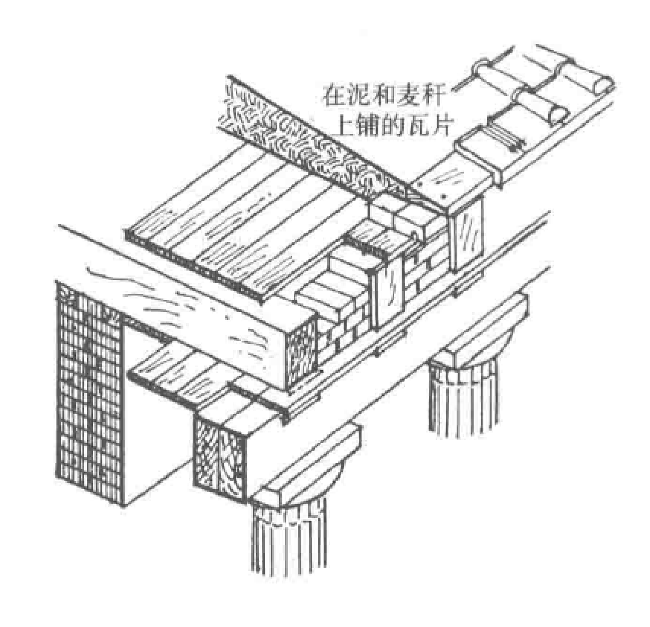


图 367　希腊石构建筑中的木构原型。

许多人始终想用绘画这种方式，来表现仿石构建筑的木构原型中希腊梁柱式建筑的本来面目（图 367—368）。

除了木框架建筑，在大多数石头和大理石结构的庙宇和其他公共建筑的屋顶还有许多沉重的建筑木料，但现在它们已经不复存在。要想绘制图样，则必须查阅有关记录，或从现存的石制部分的连接处、椽和梁末端的孔洞推测其细节。一些早期希腊建筑的屋顶坡度很大并铺有茅草，其他屋顶则很平，就像许多东方国家一样。在公元前 570 年的浮雕中，显示有带斜脊的屋顶。古典时期的典型屋顶坡度较缓，大约为 30°，用陶瓦或石瓦铺顶。

雅典港口比雷埃夫斯（Piraeus）的军械库采用了大型的木屋顶。这座建于公元前 340 一前 330 的建筑，在公元前 86 年被毁，但是当时的工程设计书被刻在一块大理石板上保存了下来。这座建筑大约有 434 英尺长，59 英尺宽，外墙由方石砌造，内部由高 32 英尺、直径 3 英

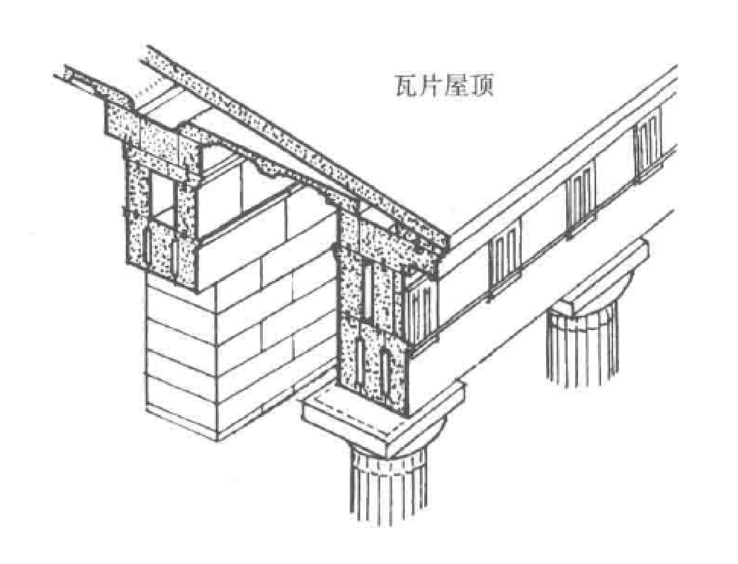


图 368　希腊石构建筑。
雅典帕台农神庙局部。公元前 5 世纪。

尺的几排柱子分成 3 个通道，中间通道的宽度为 21 英尺。每排柱子的顶上都承载着巨大的木梁（图 369），形成了柱梁结构，同时也是屋顶的纵向支撑。横梁搭在同一排的两根柱子上，在每根横梁的中间有一木块用来承载截面为 22.5 英寸 ×17.75 英寸的脊梁。椽子的截面为 12 英寸 ×8 英寸，每隔 16 英寸设一根，由外墙、纵梁和脊梁共同支撑。在椽子上每隔 3.25 英寸设一根 6.5 英寸 ×1.625 英寸的板条，上面铺一层厚 0.875 英寸的密排板，再在板上用泥铺设陶质屋顶瓦。这种既厚重又耗材的建筑方式说明，4 世纪时的希腊建筑家们对桁架的原理还不熟悉。

不过，厄瑞克忒翁庙（约公元前 421 年）的屋顶（其跨度为 32 英尺）却运用了斜撑来支撑横向的大梁，从而托起整个顶棚的木梁。帕加马的军械库则采用了沉重的由横梁、托梁和木板组成的木框架基面。

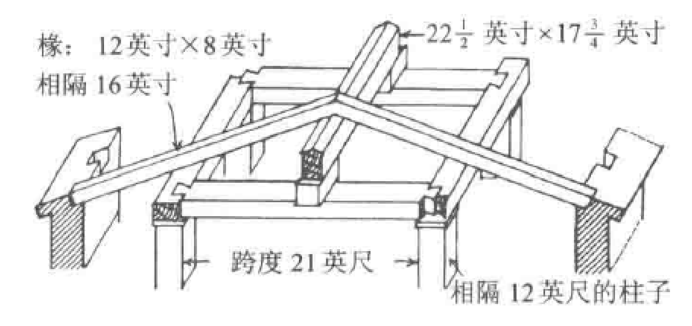


图 369　位于比雷埃夫斯的军械库的屋顶。公元前 4 世纪。

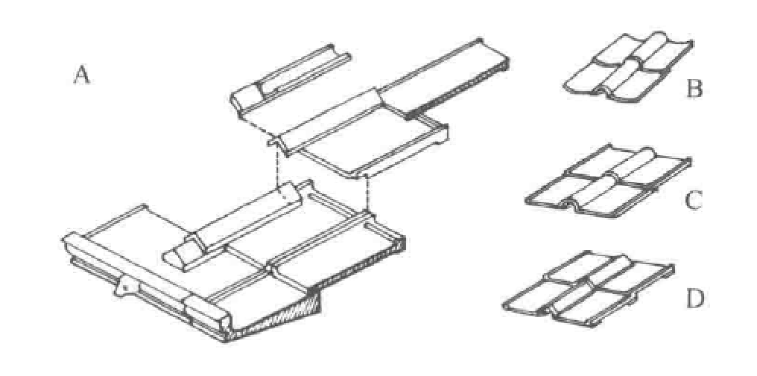


图 370　希腊屋顶的瓦。
（A）出自雷姆斯神庙，公元前 5 世纪；
（B）拉科尼亚式；（C）西西里式；（D）科林斯式。

希腊所有的重要建筑都用陶瓦或大理石瓦铺屋顶。陶瓦有三种类型（图 370），一种为拉科尼亚式或称斯巴达式，是一种下凹的筒形瓦，上面配以凸形的盖瓦，起保护作用；一种为科林斯式，是一种扁平的瓦，有突起的边，配以三角形或马鞍形的盖瓦；第三种为爱奥尼亚式，与科林斯式十分相似。此外，还有用于特殊用途（如屋檐和房脊）的特殊种

403

类的瓦，因地域不同而表现出不同的风格。早在大约公元前 530 年重修卡吕东的阿波罗神庙时，就采用了产自科林斯的瓦铺设屋顶。大理石瓦的应用，至少也可以追溯到公元前 6 世纪中叶。

最近一项令人吃惊的发现是，在这些巨大的大理石和岩石神庙的建筑中使用了大量铁制品，在帕台农神庙中尤为明显。采用宽平的熟铁梁为悬臂，支撑山墙上沉重的雕塑，铁梁的末端插进石墙的凹面中，而且设计了特殊的装置，以避免由于倾斜而使这些铁梁直接压在大理石檐板上。不过，毗邻的厄瑞克忒翁庙没有这种设计，结果导致大理石梁产生断裂。约公元前 470 年在阿格里真托建造的一座庙宇，用了 15 英尺长、截面为 5 英寸 ×12 英寸的铁梁，嵌在框缘的下表面内，两头搁在柱顶上。在同一地区的另一处庙宇中，用铁悬臂支撑最上面的檐板。在雅典的卫城入口，暗藏的铁梁将大理石顶梁的重量分散到爱奥尼亚式柱上（图 364B），这里也为倾斜留了充分余量。虽然在大多数结构问题上显得很谨慎，希腊人在铁制品的运用上却似乎十分自信。他们得心应手地用铁制成提升工具，例如起重爪和夹钳，还有各种插头和铁箍（图 364A）。有时，他们用熔化的铅制成燕尾榫，用各种铁钉将陶瓦固定在木制或石制的屋顶上或作其他用途，用铜制成插头和榫钉（图 364C），门上通常装有铜把手和铜制的门饰。希腊化时期的一些陵墓，墓门高达 10 英尺 3 英寸，门上也镶有铜饰物，有时还使用石灰石的墓门。希腊建筑物上开有一些窗孔，但对窗户本身我们没有多少了解。

404

希腊人从未像罗马人那样开发出一套完善的中央供暖系统（边码 419—420），而是用轻便的炉子或火盆取暖。同样，与罗马帝国时期相比（边码 418—419），他们的供水和洗浴设施也不完善。

普通的希腊住房——例如提洛的那些房屋（公元前 2 世纪）——采用瓦顶，用装在围绕天井的一圈柱子上的管子将雨水导下。在地下还设有一个大蓄水池，通过一个井口从中打水。

12.2 罗马时期

虽然传说中古罗马在公元前753年建国，但第一任皇帝奥古斯都（公元前27—公元14）统治时期以前的建筑几乎没有存留下来，他“得到的罗马是一座砖城，留给后人的则是一座大理石城”。术语“伊特鲁里亚式建筑”通常指那些早于公元前150年至前100年的建筑，它们在不列颠建于阿格里科拉执政（77—84）以后到罗马军队从不列颠撤走（约410年）以前这段时间。

405

维特鲁威（边码397）在罗马城的重建上作出了卓越的贡献，但他所留下来的有关房屋建造的可靠资料仅限于他所生活的年代，而罗马及其他外省城市有代表性的建筑在他的著作中却未被提及，因为那些建筑都是在他之后建成的。有关水道和供水设施的情况都记载在弗朗蒂努斯（Frontinus，边码419）的著作《水》(*De Aquis*，约100年）中，他是罗马的市政水利工程师。我们现在只能从那些大多已损毁的建筑物本身，去找寻有关罗马建筑的相关信息。可以认为，除了那些特别详述的之外，这里所提及的建筑物都建于大约公元前90年至大约410年间。在奥古斯都统治时期，希腊变成了罗马的一个行省，希腊的建筑方式从而深深地影响了罗马的建筑业。

一般来说，罗马人关于拱形建筑的知识来源于他们的伊特鲁里亚祖先，然后他们开创了用砖、石和混凝土建造拱顶和圆顶建筑的方法，在罗马帝国时代达到相当高超的水平（图371）。罗马人借鉴古希腊的梁柱式建筑结构，将其用于自己的目的，尤其是在神庙（图372）和公共建筑方面，不过常常只用它作装饰，而非出自结构的需要。

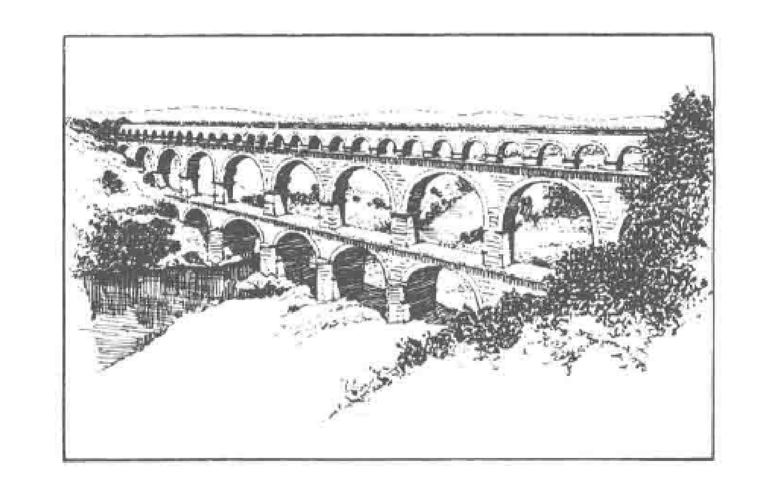


图371　尼姆附近罗马时期的引水渠（加尔桥）。1世纪。

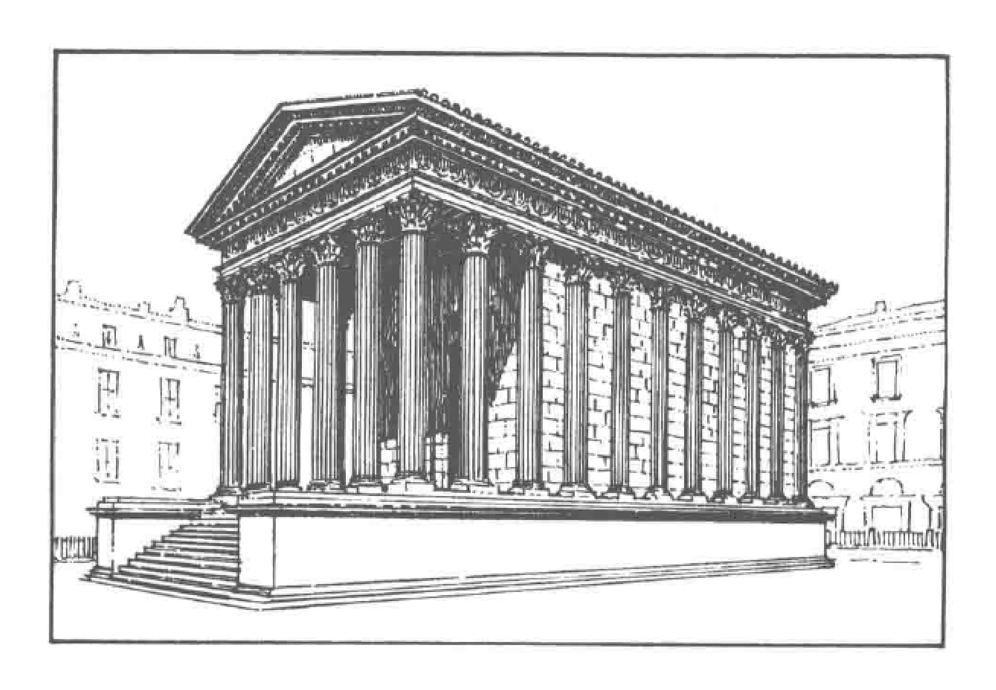


图 372　尼姆附近的罗马神庙（方形宫）。1 世纪。

406

在建筑所采用的石料中（边码 27 起），罗马用得最多的是石灰华（*lapis tiburtimus*），因为这种石料主要采自附近的蒂沃利（*Tibur*），故而得名。这是一种沉积在台伯河和阿涅内河的河谷中的淡黄色或褐色的石灰石，质地差别很大，有的较好，有的则非常粗糙且有大量的孔隙，不过这有利于石料与粉刷外表用的石膏和灰泥更好地结合。凝灰岩是一种特殊的石料，它是由火山灰形成的砾岩，与浮石有些相似。在奥古斯都统治时期以前，这种石料被大量运用在罗马的建筑中。由于建造时使用的是整块的大石块，所以必须在表面用灰泥涂上保护层。同一时期使用的石料，还有白榴凝灰岩和碎晶凝灰岩。维特鲁威列举了几种石灰华、凝灰岩和白榴凝灰岩，并称其中一种白色石料"可以像木头一样用锯齿切割"。

所有的软质石料都有如下优点：把它们从采石场运回后，易于施工。如果用于室内，则可以保持良好的承重性。但要是用在露天建筑，则可能与冰或白霜结合，变成粉末并溶解。石灰华及其同类石料都能承载重荷并经得起风雨侵蚀，但不耐火，一旦起火就容易

破裂、损毁。

如果迫于形势要使用可方便地从罗马附近的采石场开采的其他种类的石料，则需提前做一些准备工作。提前两年将石料采回，并且要在夏季开采，而不能在冬季。然后将其置于露天的空场中。在这两年中被风蚀损毁的石料将被用于填充地基，而那些没有损毁的石料则证明能经受自然条件的考验，可以用于地上建筑的建造[2]。

直到公元前1世纪，罗马的建筑中才开始使用大理石，但在奥古斯都统治时期以前还很罕见（图373）。公元前92年前后，克拉苏（Crassus）在其巴拉丁领地建了一座房子，采用了一些小型的大理石柱，被当时的人们讥笑为希腊奢侈品。不久以后，在卡拉拉开了一家大理石采石场。其他白色的大理石是从伊米托斯山和彭特利库斯等处进口的（边码25、边码398—399）。由于罗马人崇尚华丽，所以从外国进口各种颜色的大理石，来自埃及、厄尔巴岛和纳克索斯岛的花岗岩也开始使用。红色的玄武岩又名斑岩，多从埃及进口，用来做柱体和几何形的铺路石，称作亚历山大石（*opus Alexandrinum*）。图拉真圆柱的鼓状花岗岩柱段（壁饰的局部见图467）直径有6英尺3英寸。

407

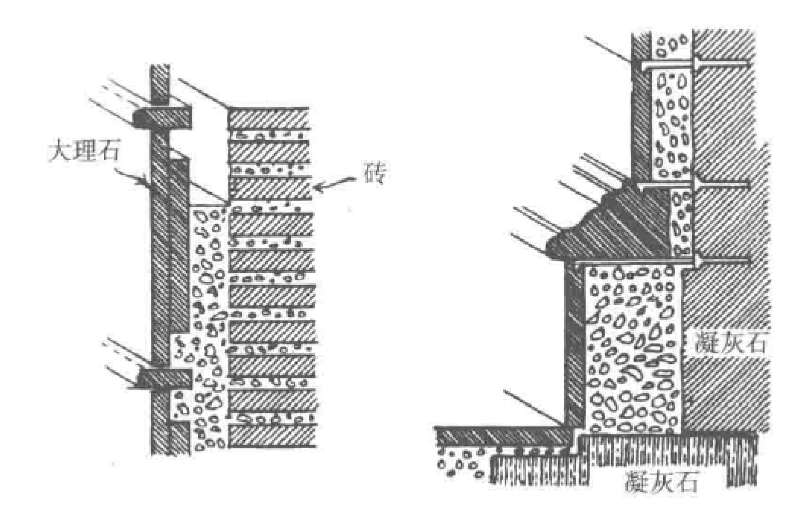


图373　罗马建筑的大理石表面。

在罗马附近发现的矿石中最重要的是火山灰（*pulvis puteolanus*），这是阿尔班丘陵和那不勒斯附近厚厚的地层中的火山土（边码 410）。这种土与石灰混合可以形成一种混凝土，见水后凝固得非常结实，并具有防火的功效。这种材料使罗马人有可能在建造大型建筑上取得辉煌成就，例如建混凝土的穹顶、公共浴池的圆顶等，因为用火山灰制成的灰泥与粒料一样坚固，无论粒料是用碎砖还是用石头做的。维特鲁威对这种火山灰作了详细的描述[3]。他还提到了沙子应该是不掺杂泥土，“如果没有坑沙，则应从河床、碎石坑或海滩等地方筛取”。

但是，这种沙子性能不太令人满意，因为它潮湿难干，与混凝土的凝结既慢又不牢固，而且不适于建穹顶。海沙在用于涂抹墙面时易于风化，或者如维特鲁威所述，“从沙子中会析出盐分”[4]。

对于石灰，维特鲁威发现：

必须用白色的石头或熔岩小心烧制。用厚硬的石头烧成的石灰适用于框架结构，用多孔的材料烧成的石灰则适用于粉刷。按比例将熟石灰与沙子混合：如果是坑沙，按 3 份沙 1 份石灰的比例；如果是河沙或海沙，则按 2:1 的比例……而且如果将 1 份河沙或海沙加入 2 或 3 份的碎陶片中，会得到效果更好的混合物[5]。

维特鲁威描述了烧制石灰和使之熟化的过程，并提出了一些基本的原则。他还指出，石灰经烧制之后，重量会减少约 1/3。

砖被广泛用在罗马建筑的墙体和穹顶中。在奥古斯都统治时期，罗马的砖似乎还是用晒干的黏土砖。但自那以后，砖窑烧制的砖就逐渐被普遍应用了。对于晒干的砖，维特鲁威叙述道：

不能用沙土、白垩土或含有碎石的土制砖，因为它们开始比较重，

经雨水浸泡就会风化，而且由于比较粗糙，不易与稻草黏结。应该用白色黏土、红土或粗碎石制砖，这些材料质地较纯且轻，而且容易结合。制砖的时间应该在春季或秋季，这样所有的砖可以同时晒干。如果提前两年制成，砖就会更耐久，因为这样就不存在干得不够彻底的问题了[6]。 408

维特鲁威还补充说，在突尼斯附近的尤蒂卡，用来砌墙的砖一般至少都提前5年制成。

维特鲁威描述了三种类型的砖，其中两种是正方形砖，主要为希腊人所用（边码398），第三种是长方形砖，被罗马人广泛运用，大小为1.5英尺长、1英尺宽。在罗马建筑中，正方形和三角形的砖也被大量使用，标准的规格是2罗马尺见方，约相当于23英寸见方。这些砖（包括更小的砖）的厚度一般为1.5英寸，但长方形的伊特鲁里亚砖的规格约为16英寸 ×10.5英寸，厚达5.5英寸。

随着时间的推移，罗马砖的尺寸（图374）减小了，砂浆接口的厚度有所增加，因为砂浆的质量和抗力提高了。然而，尽管罗马的工匠们对砖的运用是如此自如、娴熟，但他们从来不认为砖作为一种表面装饰材料能令人赏心悦目，于是他们经常在砖上镶大理石面。相对于用泥砖砌的墙体，砖窑烧出来的砖可以砌成很有用的墙顶，它们也常被用来给粗石或燧石墙镶边，这种情况在不列颠的许多建筑上都可以见到（图375）。除了以上提到的各种规格的砖，在不列颠和其他地 409

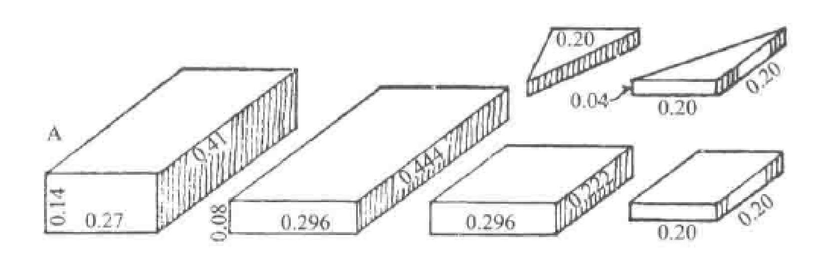


图374 罗马砖的种类。
A是伊特鲁里亚砖。

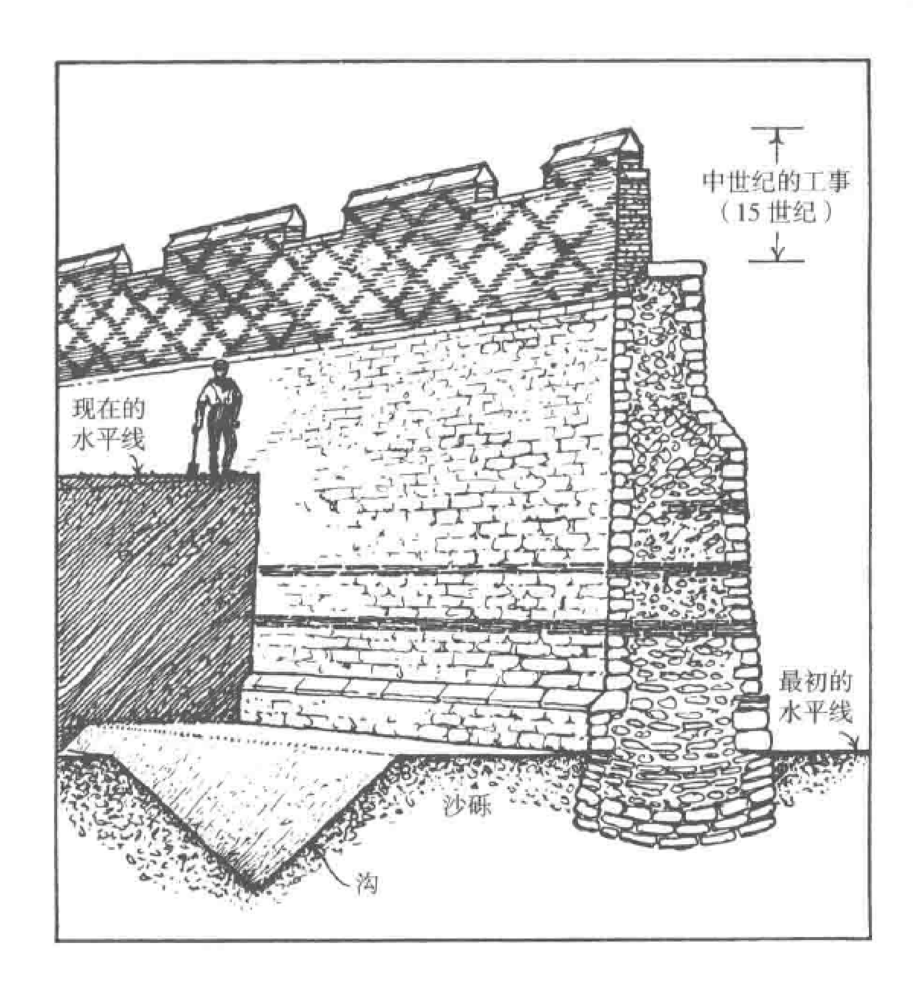


图 375 伦敦的罗马墙。

方的罗马人还应用了大约为 7.75 平方英寸的小瓷砖，主要用在供暖柱上（图 385），大约为 23 平方英寸的大瓷砖则用来铺设供暖系统上面的地面。除非为了这些特殊的目的或用在拱门上，在不列颠的罗马人很少用砖砌实心墙，哪怕只是用来给墙贴边。

建筑中所用的石料几乎总是堆成一层层规整的正方块。对于更精致的活，通常用打孔的方式做装饰。在诺森伯兰的科布里奇还有些很罕见的例子——凿出的花边，即每一块石块都用凿子沿边缘凿出装饰边。尽管罗马的灰泥在意大利享有很高的声誉，在不列颠却不大受欢迎。

410 一些较大型建筑中，石墙内用薄泥浆涂抹，表面凸起。在罗马，整个墙体都用方形石块砌成，并将石块按露头和顺边的方式交替排列，称作四方形建筑（*opus quadratum*）。这种真正的石构建筑来

自伊特鲁里亚人的实践，石块用铁夹或铅制的榫钉连接。在一些现存的著名石构建筑中，露头砖几乎有 2 英尺见方，顺边砖则两倍其长度。

那一时期的承建商必定有一些设备来处理大块的石头。事实上，维特鲁威就描述了几种这种用途的机械，还提到了打桩装置[7]。罗马的圣玛利亚（Santa Maria Maggiore）大教堂外古老的门柱高 47 英尺，直径 5 英尺 9 英寸；亚历山大城的“庞贝石柱”高 68 英尺，直径从 8 英尺 10 英寸逐渐减小为 7 英尺 6 英寸。在巴勒贝克（叙利亚）的朱庇特神庙的阳台上有 3 块巨大的石头，每一块长 63—65 英尺，宽约 10 英尺，高约 13 英尺（图 376）。附近的一个采石场还有更大的石块，约为 70 英尺 ×16 英尺 ×14 英尺，加工好后却一直没有运走（图 377）。

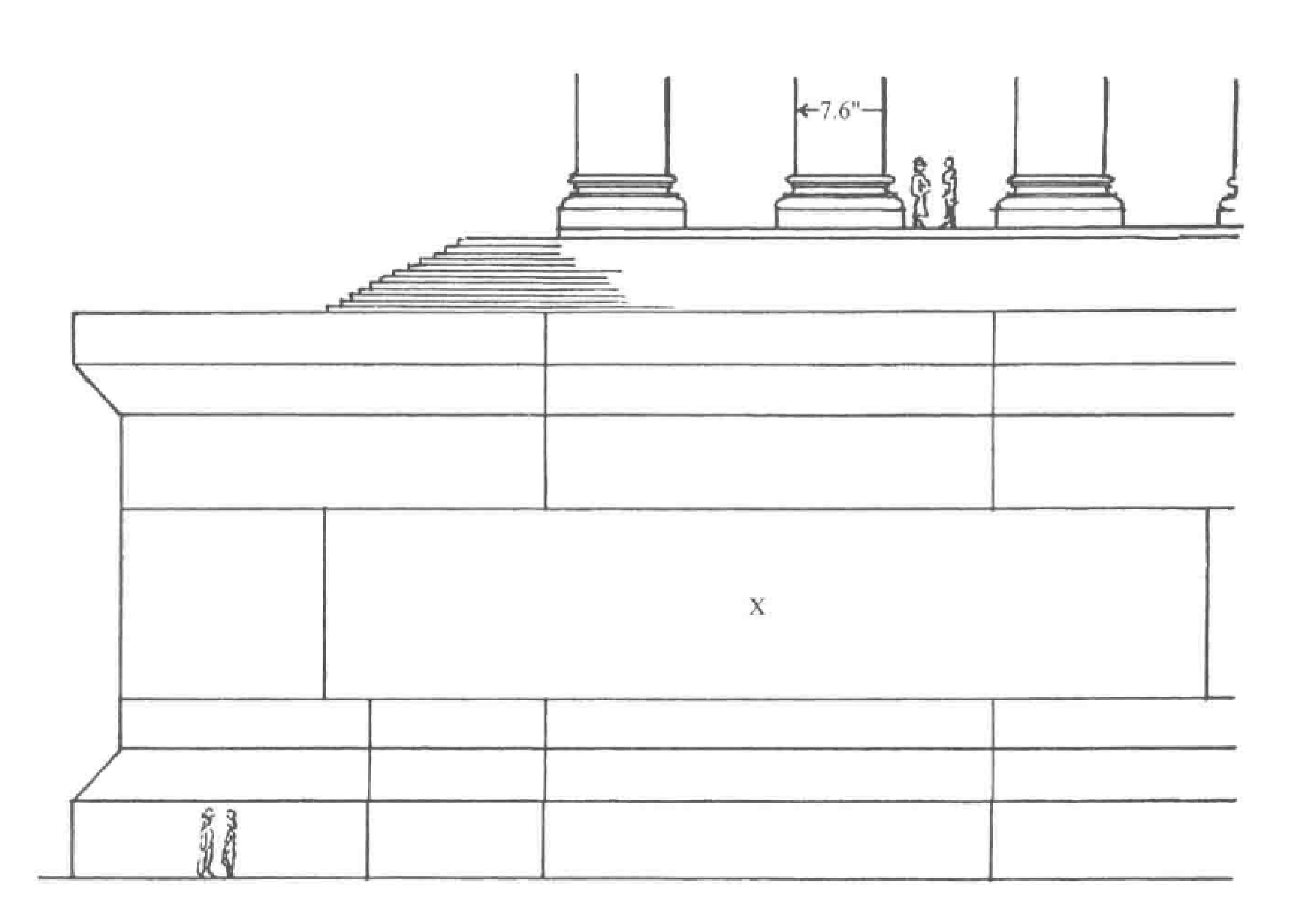


图 376　叙利亚巴勒贝克的朱庇特神庙（2 世纪）的平台局部显示了巨大的石块。图中所示 X 是称为“三石塔”的三大巨石之一，每块巨石长 63—65 英尺，高约 13 英尺，宽约 10 英尺。

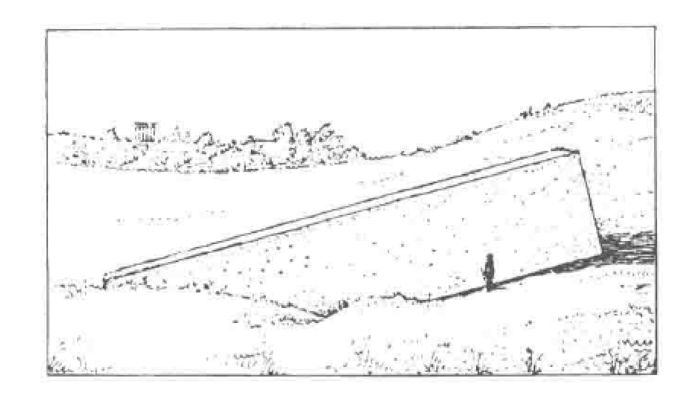


图 377　叙利亚的巴勒贝克南部采石场中的“巨石”。长约 70 英尺，高约 16 英尺，宽约 14 英尺。远处可看到朱庇特神庙。

与四方形建筑同时存在的，还有一种更普通的称为不固定形建筑（*opus incertum*）的筑墙方法，是用大约 5 英寸见方的不规则凝灰岩小石块涂以厚厚的灰泥而成（图 378A）。公元前 1 世纪或稍后，这种方法被网格形建筑（*opus reticulatum*）所取代，不规则的石块被粗略地加工成正方形，呈对角线排列，形成网格状（拉丁文是 *rete*）（图 378B），特殊的石块被做成楔子。维特鲁威叙述道，“网格形看起来更好些，但这种构造使其容易破裂”[8]。所以，人们很快就采用每隔一定距离在水平方向用平砖或平瓦砌合的加固方法。

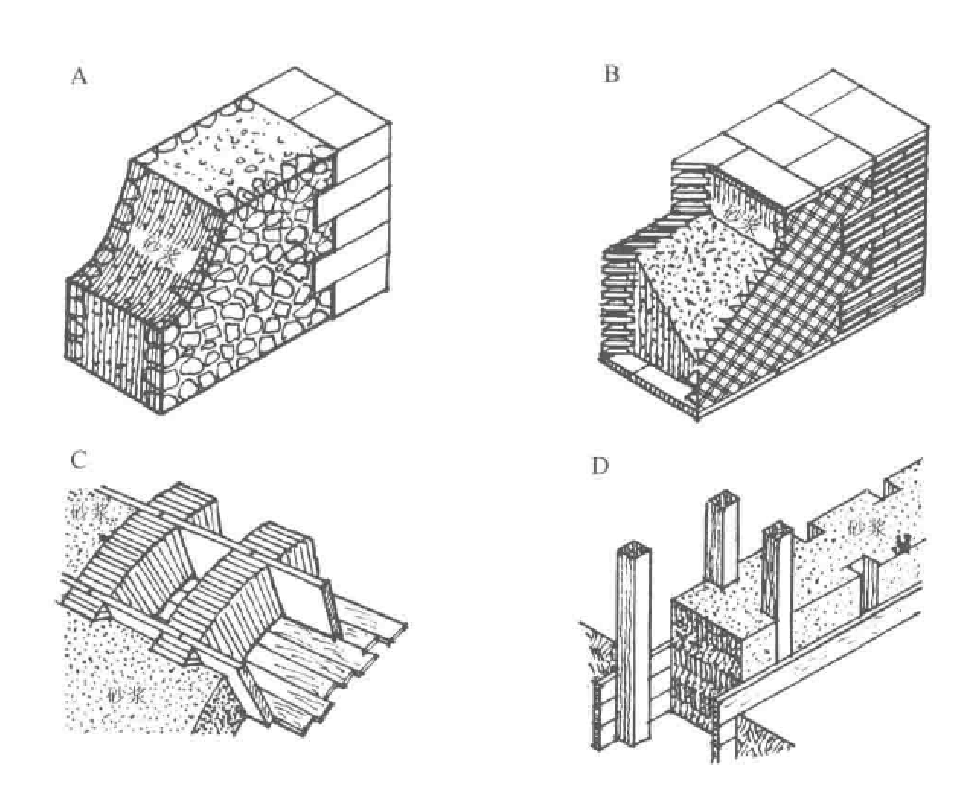


图 378　罗马的砖、混凝土及石头结构的细部构造。
（A）不固定形建筑；（B）网格形建筑（左）；
（C）混凝土拱顶上的砖制肋材；（D）混凝土墙的墙基。

不过从公元前 1 世纪起，罗马人最常用的建筑材料是混凝土，不仅用在墙体和地基中(图 378D)，还用在拱顶和穹顶上，从而铸就了后来罗马建筑中的杰作(图 378C、图 379)。这种混凝土由火山灰加上一些碎岩石、石灰华或碎砖块组成，并在建造房屋时铺在大石头和较小粒料之间作过渡层。

大约到了奥古斯都统治时期，木梁仍被用来制作小房屋的门廊和窗孔，但在其他形式的建筑中已被拱门所代替。帕台农神庙巨大的混凝土墙体上采用了多层的砖载重拱，尼禄(Nero)的庞大宫殿(始建于 64 年)采用了混凝土结构并用砖砌面。至于用大理石砌面，最早见于

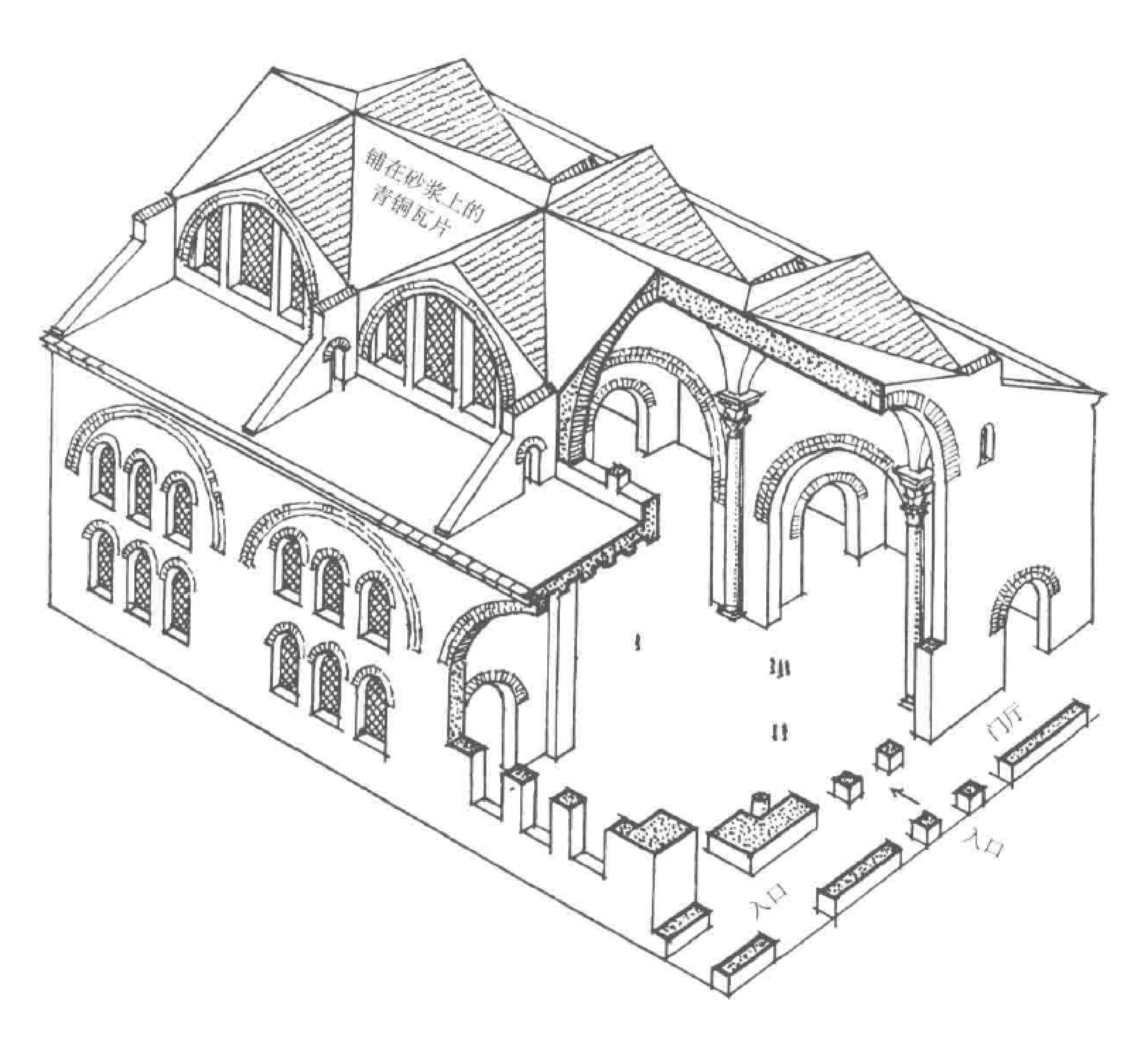


图 379　罗马的砖和砂浆的拱顶结构。
位于罗马的马克森提(Maxentius)新长方形廊柱大厅，约 313 年。图中移去了一部分建筑物以显示构造。

奥古斯都的陵墓中（公元前28年），这种风格后来成为皇家宫殿和许多公共建筑的特征，至今仍被禁止用于私人房屋。图373显示了如何用大理石贴墙。

罗马建筑中的拱顶（不包括穹顶）常常呈筒状或十字拱（图379、图396A），一个拱顶就是一个简单的弓形结构。甚至在罗马时期以前，工匠们就学会了用楔形的石块来建筑拱顶，这样拱顶的稳定性就不依赖于宽的灰浆接缝。当要建一座拱门时，先要搭建一个临时性的支撑体，通常是采用木拱架（即先用木材搭建成设计中的巨大框架），这往往很耗时耗材。

当建造诸如公共浴室大堂这样的大型拱顶建筑时，罗马人遇到了支撑方面的难题，同时筒形拱本身也存在缺陷，不仅采光不好，还会给承重墙体和拱柱施加巨大的外推力。尽管如此，戴克里先宫殿大厅的拱顶跨距仍然达100英尺，君士坦丁堡长方形大教堂的屋顶也有83英尺宽。这些令人叹为观止的建筑典范仅仅是采用了附加的交叉十字拱，加强了墙体和拱柱抵抗外推力的能力（如图379），同时还减轻了主拱顶自身的重量。减轻拱顶重量的方法是，在砖拱或肋拱间采用轻质的火山灰混凝土（图378C），这样一来就可以减少用来支撑砖拱的木心的数量，即采用相对较轻、间隔为10英尺的木框架或桁架。

412

穹顶是一种设计成环形的拱顶，可以用砖石砌成，或用混凝土建造，建造时也遇到了类似的结构问题。不过，位于拉韦纳的狄奥多里克（Theodoric）的陵墓（图389）上的巨大石盖，却不能称之为穹顶。穹顶结构可以追溯到很早时期，大约公元前1450年，迈锡尼的阿特柔斯（Atrus）宝库（第Ⅰ卷，图318）就是用石头一层层平铺到屋顶而建成的。罗马最著名的穹顶建筑是建于120—124年的万神庙，内部直径达142英尺。它建在一圈环形墙上，并用大型的砖载重拱加固。穹顶本身呈半球状，至今也没人能精确地描述如何建成。它的上半部分厚4英尺，下半部分更厚，通过一排排的方格设计减重。

413

维特鲁威广泛地讨论了不同种类的木材及其用途[9]，建议在树叶枯萎的冬季伐木。他认为，树根从土壤中吸取了汁液而使木质坚实，还建议将木材加工成木板，使其更容易干燥。

对于木材的类型，维特鲁威认为冷杉木木质稳定，制成的地板不易变形，但不防火。冷杉树干的下半部分通常分成4块，剔下来的边材用作室内木工材料。即使是埋在地基里，橡木（*Quercus robur*）也具有很好的防潮性能。冬橡木（Q.aesculuj）、土耳其橡木（Q.cerris）和榉木容易腐蚀，杨木、柳木和酸橙木的木质软、色白、疏松，适于雕刻。赤杨有很好的木质，能“在地下不朽”，还能“支撑厚重的墙壁，保护它们不致腐烂”，在拉韦纳，“所有的建筑，无论是公共建筑还是私人房屋，都采用赤杨做地基”。柏树和松树由于含有过多的水分而易于变形，但都耐腐蚀，柏木中所含的油脂还可以防止干裂和虫蛀。落叶松木含有一些苦汁液，同样可以防干裂和虫蛀，但这种木材不宜做燃料，而且由于密度大而不能浮在水面上。

罗马人进一步想方设法使木材能够防火，而且不只罗马人这样做。公元86年，围攻比雷埃夫斯的罗马人无法焚烧掉一个木头的城楼，因为防御者们在建造时用明矾将木材浸泡过。

维特鲁威描述了许多木工工艺的细节。例如，在提到所谓的伊特鲁里亚规则或建筑体系时，他注意到架在柱子上的横梁必须“用榫钉和榫眼连接，通常用来连接的榫钉会插入横梁2英寸深”，因为“如果它们之间结合得太紧密，以至于空气不能流通，则会因热量聚集而快速腐烂”[10]。他还描述了木材在罗马最古老的一些庙宇中的应用，确认道“工匠们用石头和大理石建造庙宇时，也模仿了这种木框结构”。在论及木质地板时，他表现出对冬橡木的偏好，而且推荐使用薄板，因为越薄就越容易用钉子固定，“在板的边缘部分，每一根桁条上要钉2枚钉子，这样木板的四角就不会扭曲起翘了”[11]。

414

直到罗马帝国时期，木框架建筑在罗马仍十分流行，木材仍用来

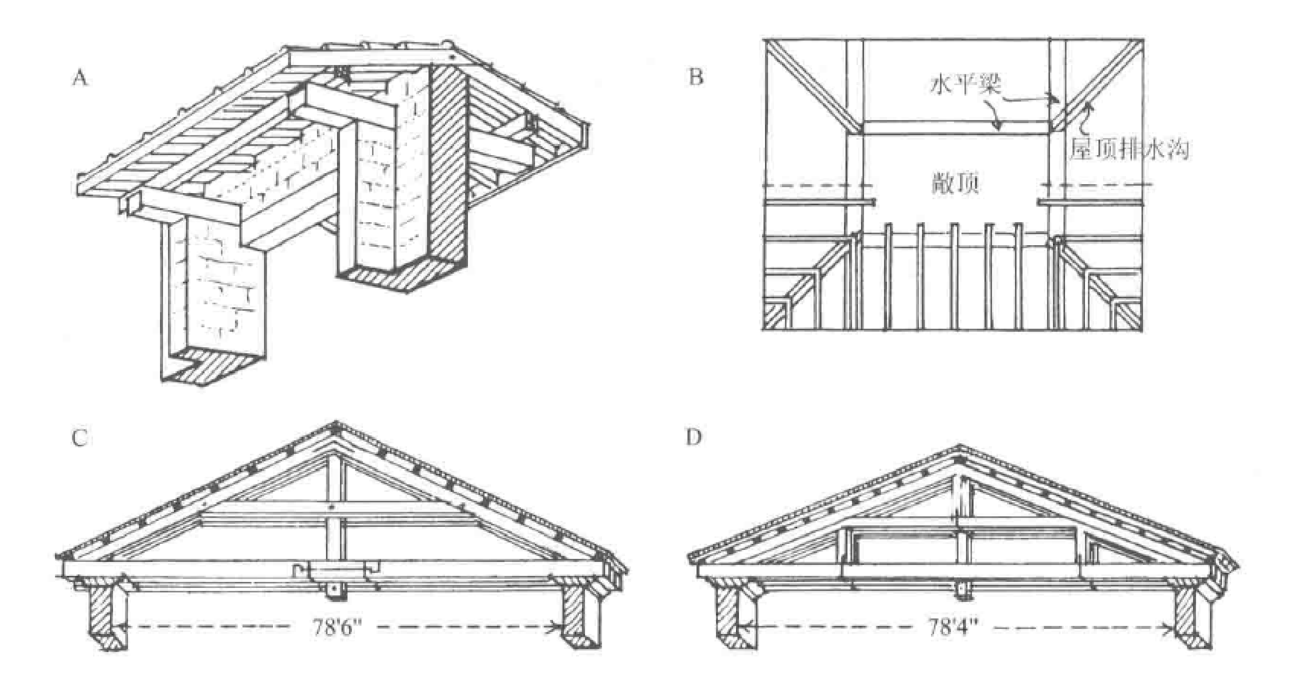


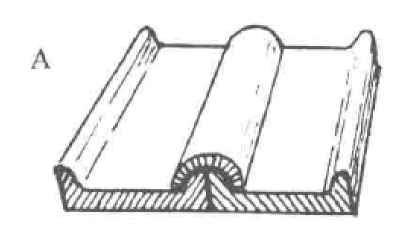
图 380　罗马的木屋顶。
(A)波佐利的简单屋顶;(B)维特鲁威所描述的环绕一个开放空间的屋顶;
(C)罗马圣保罗长方形廊柱大厅式大教堂最初的屋顶。4 世纪;
(D)没有墙壁的圣保罗长方形廊柱大厅式大教堂最初的屋顶。5 世纪。

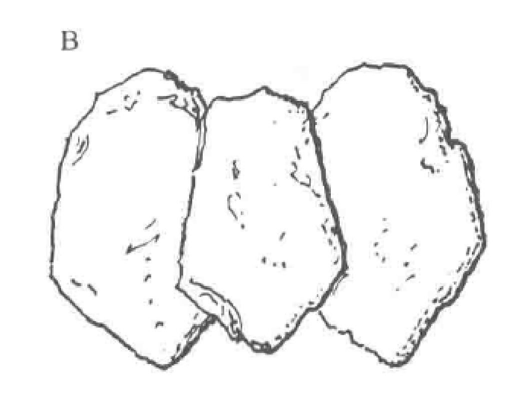
建造屋顶和地面(图 380)。但是，罗马的木框架建筑都未能保存下来，我们只能从文献中获得有关这方面的信息。因此，维特鲁威对位于法诺的长方形廊柱大厅式大教堂(这是由他亲自设计并主持建造的)屋顶的描述就特别引人关注[12]。他认为这是一个比较经济的设计，而跨距却非常大，达到罗马制 60 尺(罗马制尺比英制英尺稍短)，“柱上是由 3 根 2 尺长的桁条组成的横梁用螺钉固定在一起……用十字梁和斜撑支撑屋脊”。在后来的一些更大的屋顶上，应用了用桁架支撑的重要原理(图 380C、380D)。在公共浴室的巨大混凝土拱顶外，建有一个木质的外屋顶，椽子似乎搭在拱顶的拱背上。

415　在不列颠，锡尔切斯特的大多数罗马时期的住房(也包括伦敦的一些房屋)都采用木框架并建在石地基上，房屋中还有木隔墙的痕迹。不过，那些有火炕式供暖系统的房屋却是石墙，这样可以在墙内燃烧燃料取暖(图 385)。

罗马人喜欢用陶瓦铺屋顶，再用半圆形的盖瓦覆在两片瓦的连接

处起保护作用(图381A),这种风格承自希腊。盖瓦的一端逐渐变窄,这样上层瓦较宽的一端与下层瓦较窄的一端就可以重叠。普通房屋的屋顶坡度约为30°。在不列颠也用类似的瓦,尺寸为22英寸×16英寸,1英寸厚。不过,人们在坎伯兰却采用了石板瓦,在科茨沃尔德、英格兰西南部和威尔士南部也用一种石板瓦(图381B、381C)。它们的形状和大小各不相同,常用的形状是拉长的六边形,宽约11英寸,长16—18英寸,用一根钉子固定在木板或板条搭建的屋顶上,形成菱形的图案。在屋檐和屋脊部分,要用特殊的石板瓦。





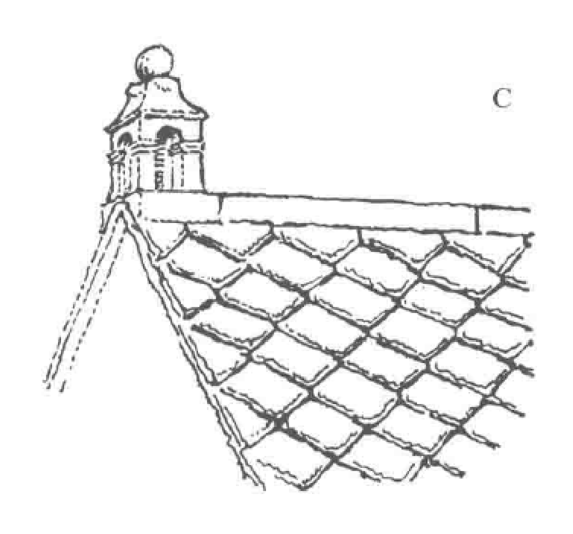


图381 罗马时期不列颠的屋顶建筑材料。(A)伦敦的瓦;(B)多塞特的石板瓦;(C)格拉摩根郡兰特威特梅杰的石板瓦和屋顶装饰。

门通常是木质的,但保存下来的很少。在诺森伯兰的切斯特斯的一座库房,发现了一扇木质的门,用橡木制作,上面还带有铁饰物。从它的结实程度看,这一定是一扇外门,只不过一被发现就朽烂成碎片了。罗马时期的不列颠正如伊特鲁里亚时期的意大利,通常是用枢轴将两扇门悬在石头门楣和门槛之间。在意大利,普通房屋的门用柏木或松木之类的软木制成,硬质的木材用来做枢轴和插销。门是用设在门楣或门槛上的插销,或通过门闩和门柱上的孔来扣牢的。庞贝城里公共浴室的门柱是倾斜的,这样门可以自动关闭,既可挡冷风又可防止热气外流。

希腊人使用的木锁是古埃及人曾使用过的式样（第Ⅰ卷，图 416 496B），甚至到了罗马早期仍继续沿用。后来，罗马人就主要流行使用两种铜锁以及后来的铁锁，一种可以用一只手打开，另一种要用两只手才能打开。直的或弯的金属钥匙代替了粗笨的木钥匙，在机械上还采用了弹簧，这种锁就变得相当复杂了（图 382A、382C）。在不列颠的罗马建筑中，没有多少铰链能保存下来，但曾发现过几件钩扣。

玻璃窗从公元前 1 世纪开始普遍使用，规格为 2 英尺 ×1 英尺的方格玻璃后来一直沿用着。在庞贝城甚至发现了更大的铜框窗户，它所用的是大小为 21 英寸 ×28 英寸的窗玻璃。在一座公共浴室中，有一扇窗玻璃的大小为 40 英寸 ×28 英寸，0.5 英寸厚，一面有划痕，可能是由沙子的摩擦引起的。不过，窗框一般是木制的。在意大利——例如奥斯蒂亚，窗户的形状通常与门相似，高度是宽度的 2 倍。

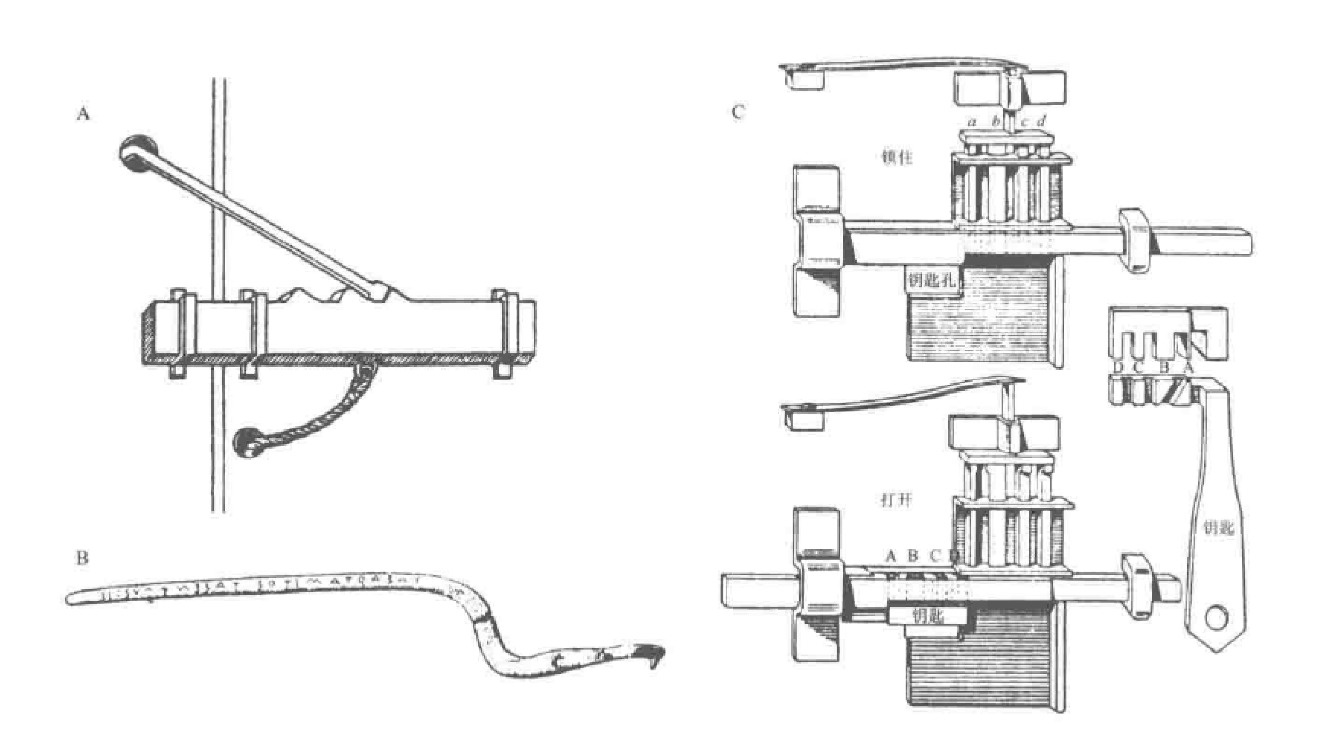


图 382 希腊和罗马的锁和钥匙。
（A）一把插销的简图，带有三个突起和打开它的钥匙；
（B）记载中的阿耳特弥斯神庙的钥匙，位于阿卡迪亚的卢西奥，公元前 5 世纪；
（C）罗马时期的一种锁和钥匙的模型，上图为上锁状态，下图为开锁状态。当用制作精致的钥匙开锁时，插销会滑进一对导轨中，钥匙上凸出的地方与插销的槽刚好吻合。为了防止插销在没有钥匙时滑动，它是用 4 个由弹簧压进槽里的锁栓（abcd）固定住的，在插入合适的钥匙时，锁栓就会弹起，插销打开。

在不列颠，人们却喜欢在立柱式外墙的屋檐下开设矮小的窗户，并用栏杆柱隔开。那里发现的罗马时期的窗玻璃碎片至少有 0.125 英寸厚，颜色为淡蓝绿色。玻璃可能是按要求浇注而成的，但在一些圆形的小窗上也能见到吹制的玻璃。

417

铜和铁用在很多方面。万神庙的屋顶上原本铺着镀金的铜瓦，它们在 7 世纪被揭下来用于圣彼得大教堂的建造。圣约翰 · 拉特兰教堂的一个礼拜堂里，还保存着 4 根古老的科林斯式镀金铜柱。万神庙华丽的铜门至今尚存于世（图 383），铜或铁的榫钉还用在石构建筑中（边码 410）。古典时期的作家曾提到过铜屋架，但不能确定整个屋架是金属制成的还是将木料包在金属外壳内。在卡拉卡拉（Caracalla）的公共浴室的遗址中，发现了 T 形铁梁，从中可以看出框架式结构。维特鲁威在提到罗马公共浴室的天花板时曾写道 ：“用混凝土建造会更方便。如果用木料，就得在上面铺瓦。要用铁钩将铁梁或铁拱紧紧固定在木料上，这些铁梁或铁拱应等距离地排放，然后就可以将不带凸边的瓦铺在上面了。如此一来，整个拱顶就靠铁来支撑。”[13] 这种安排与现代的防火楼层体系有些相似。

418

罗马的灰泥技术很出色，但又显得过于浪费，因为它不是将砖块的连接处抹平并构成楔形，而是在灰泥中嵌入楔子。维特鲁威在写到有关灰泥和粉饰时，是从如何准备材料开始的[14]。他接着描述了如何在屋顶的曲面上涂抹灰泥[15]，以及反复涂刷灰泥层，然后又提到如何涂刷飞檐[16]、墙壁[17]和抹泥的篱笆[18]。

最后，维特鲁威叙述了如何在潮湿的墙体上涂抹灰泥，这部分很有用。在涂刷底层房间时，他建议先用烧过的砖屑代替沙子与头道灰浆混合，然后再抹灰泥，刷一堵 3 英尺高的墙裙。“但是如果墙面还是发潮的话，在环境允许的情况下，紧挨墙的内侧再砌一堵薄墙。在两堵墙之间比底层更低的地方形成一个风道，通过排气孔与外界交换空气。如果墙建得高，在靠近顶部的地方还要设气孔，因为如果不这

样做，潮气就会附在新砌的墙上[19]”。经过处理以后，墙就可以正常粉刷了。

然而，如果没有空间建这种有空腔的墙体，作为另一种选择，维特鲁威建议还可以增加一堵垂直的隔湿层，就像我们现在所说的“干

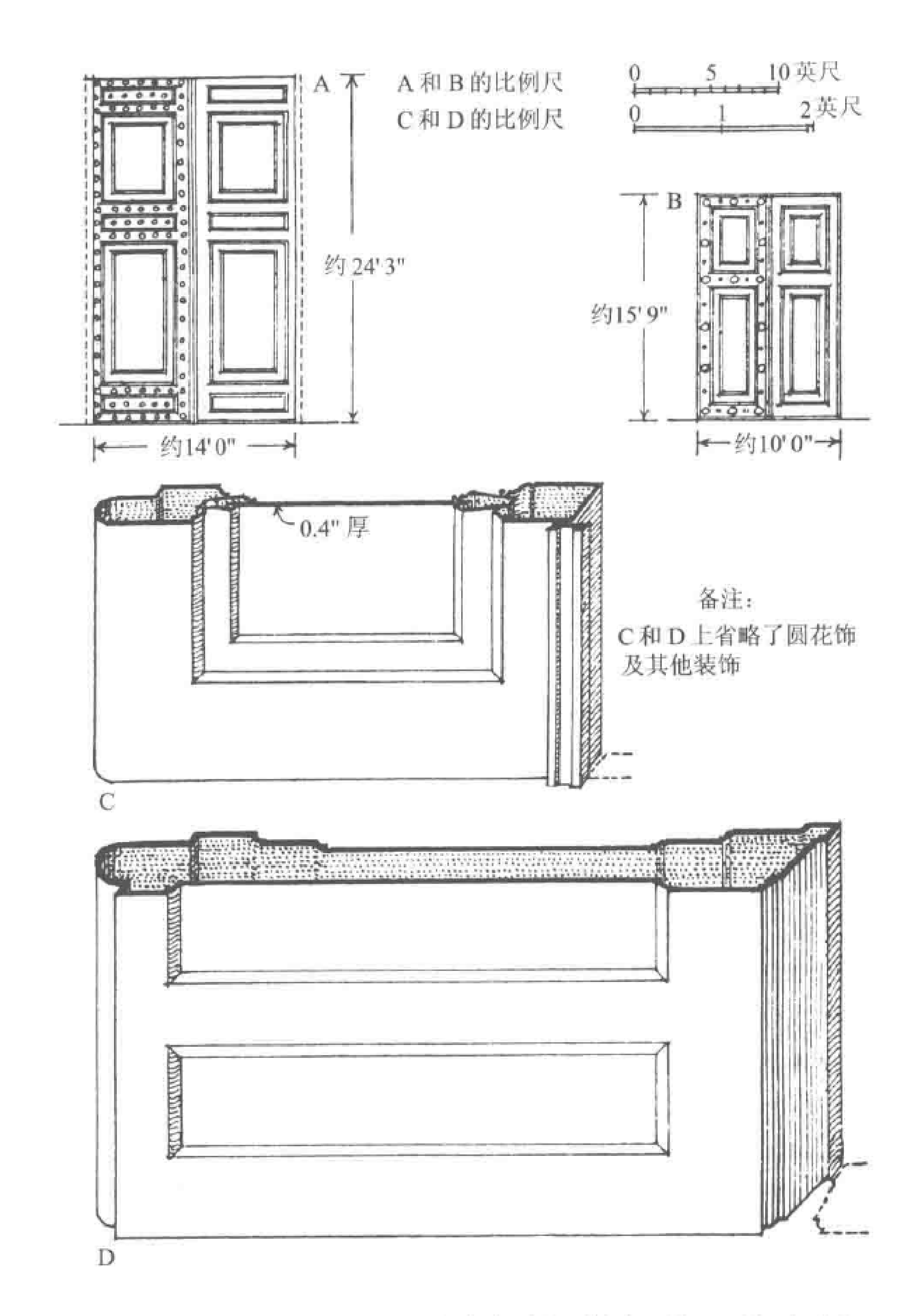


图 383　罗马的铜门：(A) 和 (D) 出自罗马万神庙，约 125 年；(B) 和 (C) 出自罗马的罗慕路斯庙（现在是圣科斯马 · 达米亚诺教堂），4 世纪；(C) 和 (D) 是铜门下半部分的剖面图，可看出其结构。

燥区”，用“沥青处理瓷砖的内部，然后从上到下将整面墙铺满，这样就可以起到防潮的作用”。他详细地描述了罗马精湛的手工艺技术，还提到壁画绘制的一些细节及颜料的制法等。

在谈到散步场所和草场的排水问题时，维特鲁威采用了今天仍在使用的“青鱼骨”式设计。“为使这些散步场所始终保持干燥无泥，就应该将铺设水管的沟挖得尽可能深，水管按矩形框铺设，再在外面套一层陶水管，然后用木炭填沟，上面用沙子填平”[20]。

419 输水道、储水池和水管构成了一个奇妙的系统，能从60英里外取水，供罗马整个城市之用。这方面的权威主要是弗朗蒂努斯（边码405、边码671起），但在他所著的《水》一书中没有透露有关具体管道设计的事宜。维特鲁威却用了一整页的篇幅来描述陶管和铅管各自的优点（图384），提出铅管的长度应为10英尺，并根据直径的大小给出了各自的重量。他指出，陶水管相对价格便宜，其末端应做成接口，并在接缝处涂以用油拌合的生石灰。他还说这些管子能够快速修复，当中的水“比铅管流出的水卫生得多，因为已发现铅不利于身体健康……这能够从铅管匠的身体看出，因为他们的肤色已经变为深灰色了”[21]。

罗马人常常用火盆取暖，但最有效的取暖方法是采用火炕供暖系统。在相对较冷的不列颠，这种设施被广泛应用，高卢和日耳曼也是如此。这种供暖系统通常采用火道或火柱的形式。在前一种方式中，热空气从炉膛出来，通过一条主火道送到要加热的房间中心，再通过其他火道传向屋子的四角，接着再通过设在四面墙下的通道传导，最后顺着设在墙体内的烟道上升。

火道大约有18英寸深，18英寸宽，两边用石料、灰泥和黏土砌成，上面盖上大石板或板瓦，板的上面就是混凝土的地面。420

采用火柱形式的供暖系统（图385），实际就是一层低矮的地下室结构，大约有2英尺或2英尺6英寸深，每隔18英寸或稍近一点的

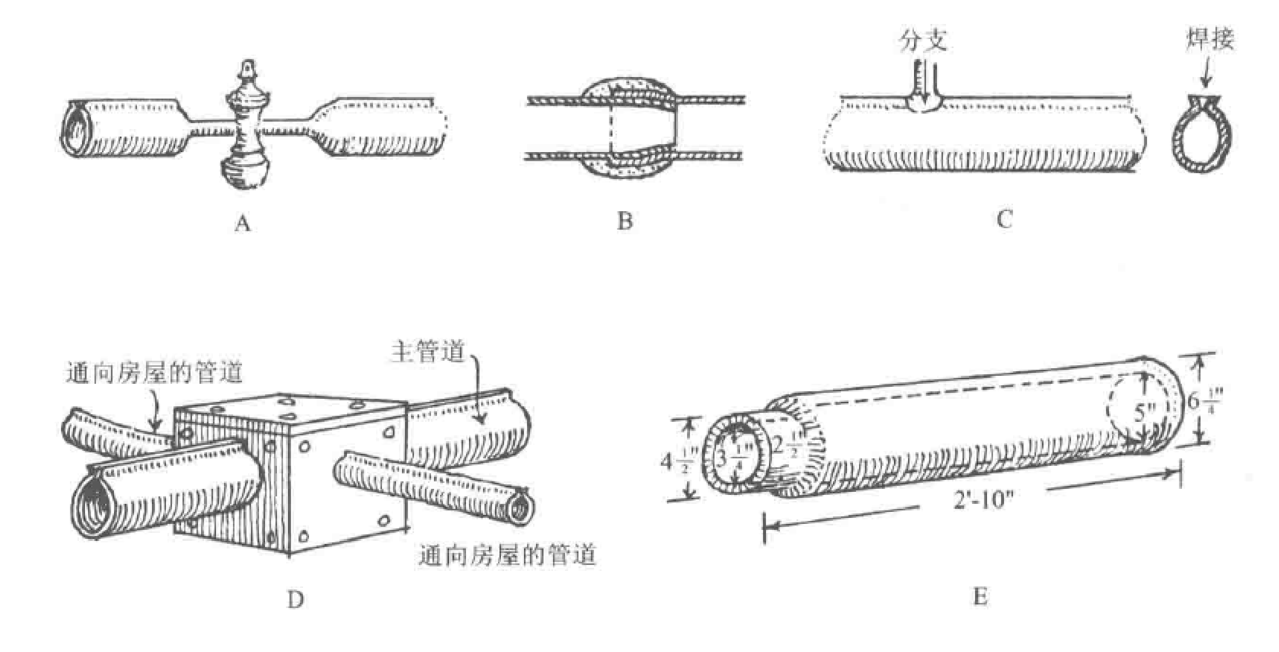


图 384　罗马的水管：(A)带开关的铅管；(B)(C)铅管的接头；(D)水管交汇处的连接盒；(E)陶制的下水管。来自位于福克斯通的罗马别墅。

距离建一根火柱。这些火柱支撑着房间的地面，同时供暖。柱子一般是用砖瓦砌的，大约为 7 英寸 ×7 英寸，偶尔也有圆形的。如果柱子是石质的，则要在外面抹一层砖粉灰泥，以防止热量过高而损坏石柱。取暖系统下层底面用混凝土浇筑，上层靠房间地面的一层则用大石板或板瓦铺成。墙内的烟道是中空的长方体筒瓦，其边有 1 英寸厚(图 386)。通常，它们的规格是 12—17 英寸长，宽面有 6—8 英寸，窄

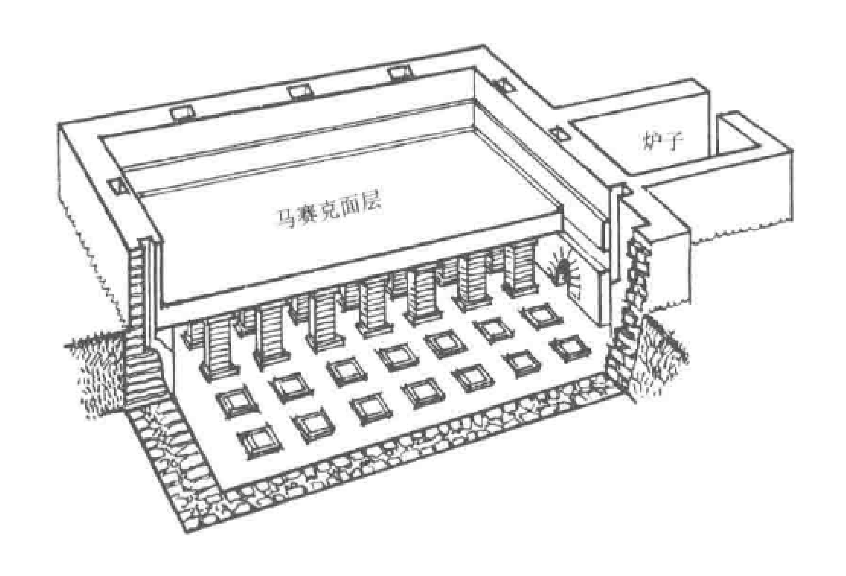


图 385　汉普郡锡尔切斯特的罗马式火炕供暖系统。图中移去部分楼层以显示具体结构。2 世纪。

面为4.5—5英寸。这些筒瓦砌成凹槽筑在墙体里，面上会留出抹灰泥的记号，这样从墙的表面就一点也看不出烟道的痕迹了。

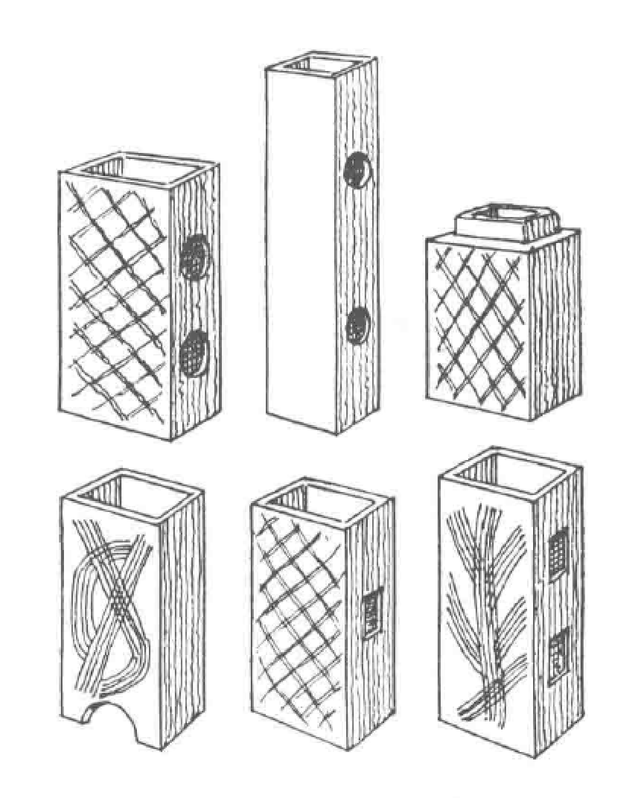


图386 罗马时期的不列颠盒状烟道瓦。

12.3 罗马式时期

到了1450年，罗马建筑的复兴在意大利得到了充分的发展。但在英格兰，它的影响直到一个世纪后才逐渐明显。因此，中世纪在文艺复兴的起源地意大利至少持续了一千年，在西欧则更久。所以，我们有必要把中世纪的建筑分为两类，分别是到大约1200年的罗马式（Romanesque）和随后的哥特式（Gothic）。这样的分法似乎有些武断，会招致批评，但拱形明显是在1200年前后被引入欧洲建筑，成为建筑发展史上一座真正的里程碑。英格兰的罗马式建筑分为征服战争前和征服战争后两种，而过去更常见、更老式的称呼是撒克逊式和诺曼式，但仅限于英格兰建筑。罗马式建筑遍布整个西欧，这一点也正表明前哥特式建筑起源于罗马帝国。

最早的基督教堂常常被称作“basilican”（长方形廊柱大厅式），它来源于希腊语中的形容词“*basilike*”，也就是“皇家的”。拉丁语中的名词“*basilica*”意为皇家建筑，最初并不是指宗教建筑。维特鲁威用这个词来描述那种用于处理法律和商业事务的大厅，大厅通常与最初用于进行各种公开讨论的露天公共集会相邻。渐渐地，*basilica*既表示建筑的形式又表示其功用。维特鲁威还描述了这种建筑的设计规则[22]：长度为宽度的1.5倍，用两行柱子将大厅隔为三部分——

中厅和两个侧廊，每个侧廊的宽度是中厅宽度的1/3。尽管建筑的后殿在后期的长方形廊柱大厅式教堂中是非常重要的部分，但维特鲁威并未曾提及。罗马的长方形廊柱大厅式皇宫里，中厅的顶上是简单的木构屋顶，坡度很小，有的有天花板，有的没有，通常都用饰板装饰，侧廊的屋顶则是坡度很小的斜屋顶。后期的一些建筑，例如罗马巨大而华丽的君士坦丁（或者马克森提）皇宫（313年，图379），就完全采用穹顶。在罗马、拉韦纳及其他地方，自4世纪以来建造的所谓长方形廊柱大厅式教堂，通常由中殿和侧廊组成，而且往往在入口处（西端）有一个前廊或前厅，在另一端（东端）则有一个后殿。东西两边各有一行柱子将中殿与侧廊隔开，在侧廊屋顶和中殿屋顶之间由柱子支撑的墙体上开了采光窗，这样室内就可以有充足的光照。

422

从罗马帝国覆灭后到约900年的第一阶段里，当时的主要建筑为长方形廊柱大厅式教堂，这个阶段通常被划入早期基督教时期。另一种常见的建筑类型是伦巴第式建筑，它仅指流行于意大利的罗马式建筑。与之同一时期的还有拜占庭建筑，主要限于地中海东部的大陆及意大利的威尼斯和拉韦纳。

所谓的黑暗时代是指罗马帝国覆灭后的五六个世纪，一直到1000年前后。这一时期除了在君士坦丁堡和拉韦纳，欧洲的建筑业确实处于一片黑暗之中。包括英格兰和法兰西在内，西欧仅建造了一些二流的建筑，在设计和建造技巧上都远不如罗马帝国时代。实际上，整个西欧现存的建于450—1000年之间的教堂只有两三座，其中一座是建于796—804年的亚琛的查理曼大教堂，非宗教建筑则一座也没有留存下来。

423

6世纪里，君士坦丁堡（拜占庭）的拜占庭式教堂却承袭了罗马穹顶建筑的风格，最有名的建筑有位于君士坦丁堡的圣索菲亚教堂（573年）和拉韦纳的圣维塔莱教堂（526—547，图387）。这一时期的其他教堂都是更简单的长方形廊柱大厅式，有侧廊和建在半圆形拱廊

上的木屋顶。拜占庭的建筑师们广泛运用了砖结构，这一点明显地反映在圣索菲亚教堂的建筑上。他们不仅用砖建造巨大的墙体和半圆顶，就连中心穹顶也采用砖结构。穹顶的曲率较小，用砖砌的肋材建成，每个起拱面有 2 英尺 4.5 英寸宽，砖的大小为 13 英寸 ×6.5 英寸 ×2 英寸。威尼斯圣马可教堂的穹顶也是砖砌的，后来又在外面建了一个呆板的哥特式穹顶。拉韦纳的圣维塔莱教堂则采用长 2 英尺、直径为 5.5 英寸的陶罐代替砖，以减轻重量。拜占庭人除了用砖作框架，还用砖作表面饰材，常常把浅的砖拱嵌在墙面上作装饰，用砖砌出各种菱形带饰，甚至用砖砌成飞檐。他们交替使用砖石，在墙上形成条

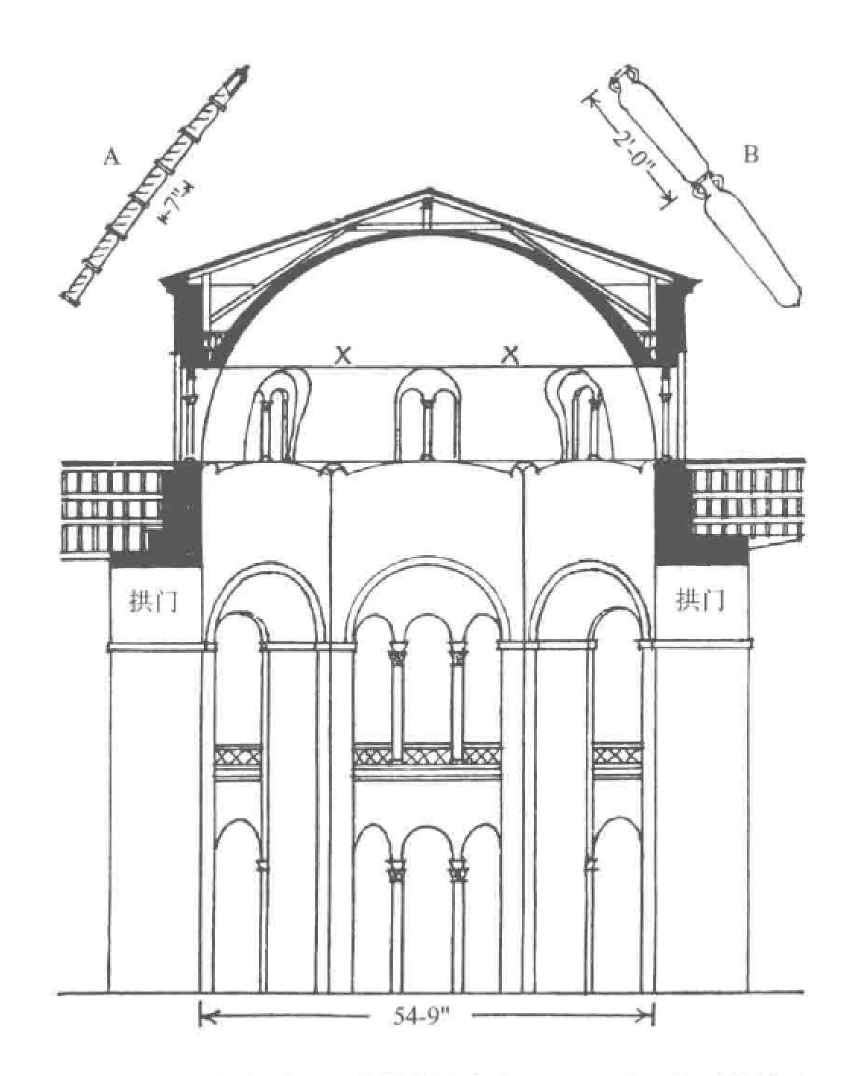


图 387　位于拉韦纳的圣维塔莱教堂（526—547），穹顶的剖面。
（A）穹顶建筑中的陶罐，用在图中 XX 线以上；
（B）穹顶建筑中的陶罐，用在 XX 线以下。
小的陶罐（A）水平地设置 2 层；大陶罐（B）垂直设 6 层。

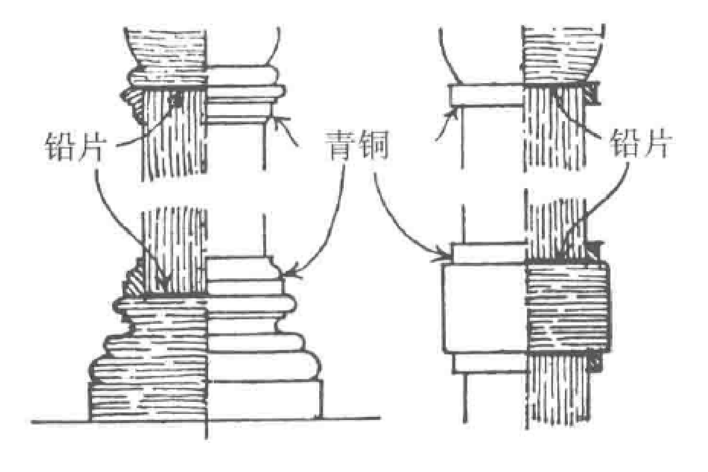


图 388 拜占庭的柱干，显示出了防震设计。

纹，还用楔形砖块和石块相间砌成拱顶。

拜占庭的石构建筑和混凝土建筑与罗马的非常接近。有些建筑没有用灰泥，接合处却非常紧密。他们从罗马时期的庙宇中拆卸大理石柱，来支撑基督教堂的穹顶或拱顶。这为了加强支撑的效果，他们在大理石柱的柱颈和柱脚的部位加了金属圈。为了减小地震的破坏，还在同样的位置水平地嵌入一片铅片，并用金属圈固定（图 388)。柱头上安放了一块立方体的石料或大理石料，由上至下逐渐变细，用来承托起拱石。有时建筑中还采用极其巨大的石块，在拉韦纳的狄奥多里克的陵墓（530 年)，巨大的“墓顶”直径达 35 英尺（图 389)。

424

为了预防地震，拜占庭的建筑往往都是用砖或石块砌墙的表层，内部填以碎石或混凝土，砌砖或分界过程被频繁地使用。进一步的措施是在墙体中嵌入结合木，有一个例子是把这些木头放在整齐的格床上，每 6 英尺一层，纵梁为 5.5 英寸 ×3.25 英寸，横梁为 7 英寸 ×4 英寸。出于同样的目的，连接梁被嵌入拱门的圆拱中，与立方体石料的顶部持平，在拱顶和穹顶中也是如此。在威尼斯的圣索菲亚教堂和圣马可教堂，圆拱中嵌的是铁质连接梁。许多穹顶的外部常常建有一个带缓坡的木屋顶起保护作用，但也有不建木屋顶仅用水泥或铅皮覆盖一层的。直到 7 世纪，作为拜占庭帝国的一部分，埃及和巴勒斯坦还有许多此类建筑。到了 638—640 年，回教徒将这些国家征服后，美索不达米亚的砖结构建筑就很快传入这些地区。拜占庭时期的叙利亚所特有的尖拱建筑存续了几个世纪，而后被十字军传入欧洲。

425

从 410 年到诺曼人征服这段时间，英格兰和法兰西的建筑水平

比起罗马时期大大下降。穷人的房子是破烂的木屋、泥抹的篱笆墙或半地下式的粗糙石屋，上层阶级住的房子也好不了多少。罗马时期那些带有中心供暖系统和马赛克地面的豪华宅邸，都被损毁或废弃了。罗马砖有时被重新用在基督教堂的建筑中，例如圣奥尔本斯修道院的塔楼和北安普敦郡布里克斯沃思的长方形廊柱大厅式教堂的拱门（670年）。但是，除了这些特殊的建筑，不列颠根本就没有砖构建筑。

最有趣的是在埃塞克斯的格林斯蒂德，有一座用劈开的原木建造的小“撒克逊式”教堂，当时一定还有许多类似的建筑，但其年代大概不早于1015年（图390）。其他所有现存的征服战争之前的英格兰教堂，尽管由专门的法兰西和意大利工匠修建，仍然是一些显得很粗糙的石构建筑。教堂狭窄的木门就是一块厚板，悬在门框上，装有铁铰链，饰以涡纹，这主要是为了在门闩后面一点的水平栅栏上安装弹簧，增加的这些铁制品能够使敌人更不容易破门而入。

罗马人从高卢撤退以后，玻璃在这一地区仍继续大批生产。675年，法兰西工匠为芒克威尔茅斯教堂安装了玻璃。正如比德所述，“他们不仅按要求完成了工作，而且还教会了英格兰人如何制作和使用玻璃[23]”。7世纪末，约克大教堂的窗户也装上了玻璃，不再用亚麻布或穿孔的木板。不过，到758年，贾罗修道院的院长仍不得不派人到莱茵兰地区请玻璃工。甚至在意大利，在教堂窗户上安装玻璃也不比英国人早。

1000年前后，建筑业又活跃起来，并很快波及整个西欧。在英格兰，可以见到的第一座建筑略早于诺曼人征服之前，它是在原有教堂的基础上重建的一座教堂，由威斯敏斯特修道院的忏悔者爱德华（Edward the Confessor）主持，似乎借鉴了位于诺曼底的瑞米耶日修道院（约1040年）的设计。瑞米耶日修道院和贝尔奈修道院（约1020年）都是由勃艮第的一个修道院院长——此人为意大利人——主持修

426

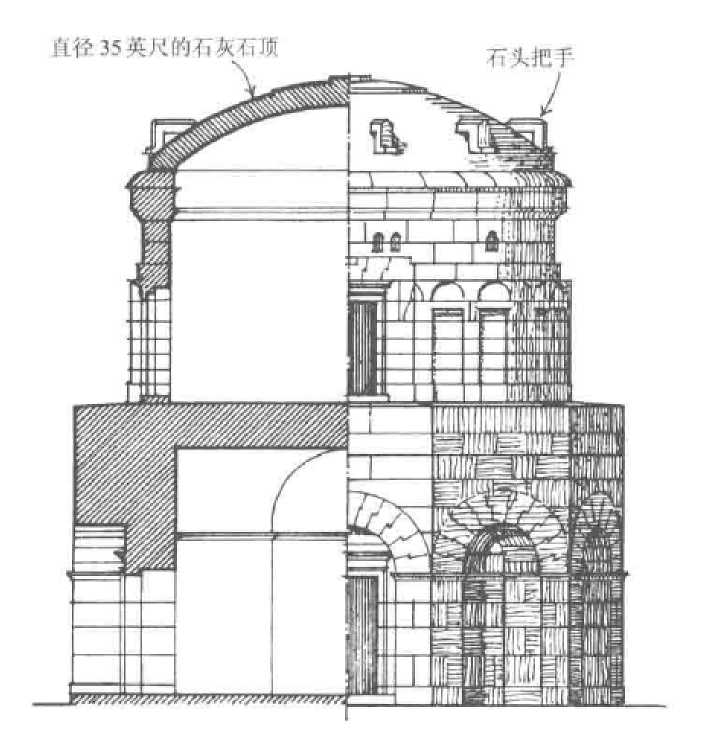


图 389　位于拉韦纳的狄奥多里克的陵墓（约 530 年）。从断面可看出用伊斯的利亚石灰石制成的完整的石盖。注意上层的起拱石与下层楔形拱石的结合。12 个石“把手”可能是用于将石盖抬升到顶部。现在的水平面距墓顶 11 英尺。

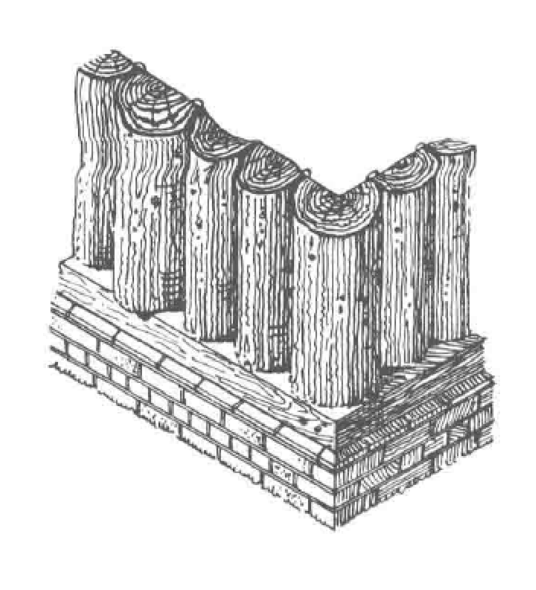


图 390　埃塞克斯的格林斯蒂德教堂：教堂中部的一角可看出木墙的结构（11 世纪早期？）。砖和橡木的墙基是现代人建的。

建的，当属法兰西最古老的罗马式建筑的代表。因此，当诺曼人统治不列颠后，罗马的建筑文明才开始对这里产生影响。在所有的建筑工艺方面，诺曼式建筑很快就显出比当地建筑更为先进的特点，并在几乎全部现存的修道院和礼拜堂、大教堂和城堡中都可以反映出来。某些地方还有一些石头房子（例如在林肯和贝里圣埃德蒙兹），但它们并不占重要地位。在撒克逊时期，无论富人还是穷人都住木制房屋，这些房屋现在已经损毁了。这里我们没有必要区分教堂和城堡，因为它们在建筑方法和建筑材料方面都完全相同。当时砖构建筑并不流行，整个诺曼时期（约 1050—约 1200）都流行石构建筑（图 391）。

427

部分由于教堂的木屋顶经常失火的原因，所有重要的大教堂都采用石构的拱顶。早期的“诺曼式”拱顶是很厚的筒形拱顶（边码 411），它们非常重，对墙壁施加了很大的反转推力（图 391）。即使是木屋顶

也会施加类似的推力，但要小一些。直至 11 世纪，用扶墙来加强墙体的方法还未得到推广，墙体的稳定性只能由厚度和质量来决定。尽管有基本的拱壁支撑墙体，但温切斯特大教堂中部的墙体仍有 7 英尺厚。有些城堡的墙体更加厚重，多佛尔一些城堡的墙厚达 17—21 英尺，伦敦白塔的墙厚 15 英尺。

当时，石料的运输非常困难。因为路修得很少而且很崎岖，不适合有轮子的运输车辆，所以都使用尽可能小的石块，有时用料石砌外墙，内墙甚至会用碎石来砌。不过，碎石墙通常都会用灰泥涂抹内外壁。后来，受到“暴露质朴的石结构”的观点所误导，这些灰泥往往都被去掉了，尤其在维多利亚时期，给修复者造成了许多麻烦，不得

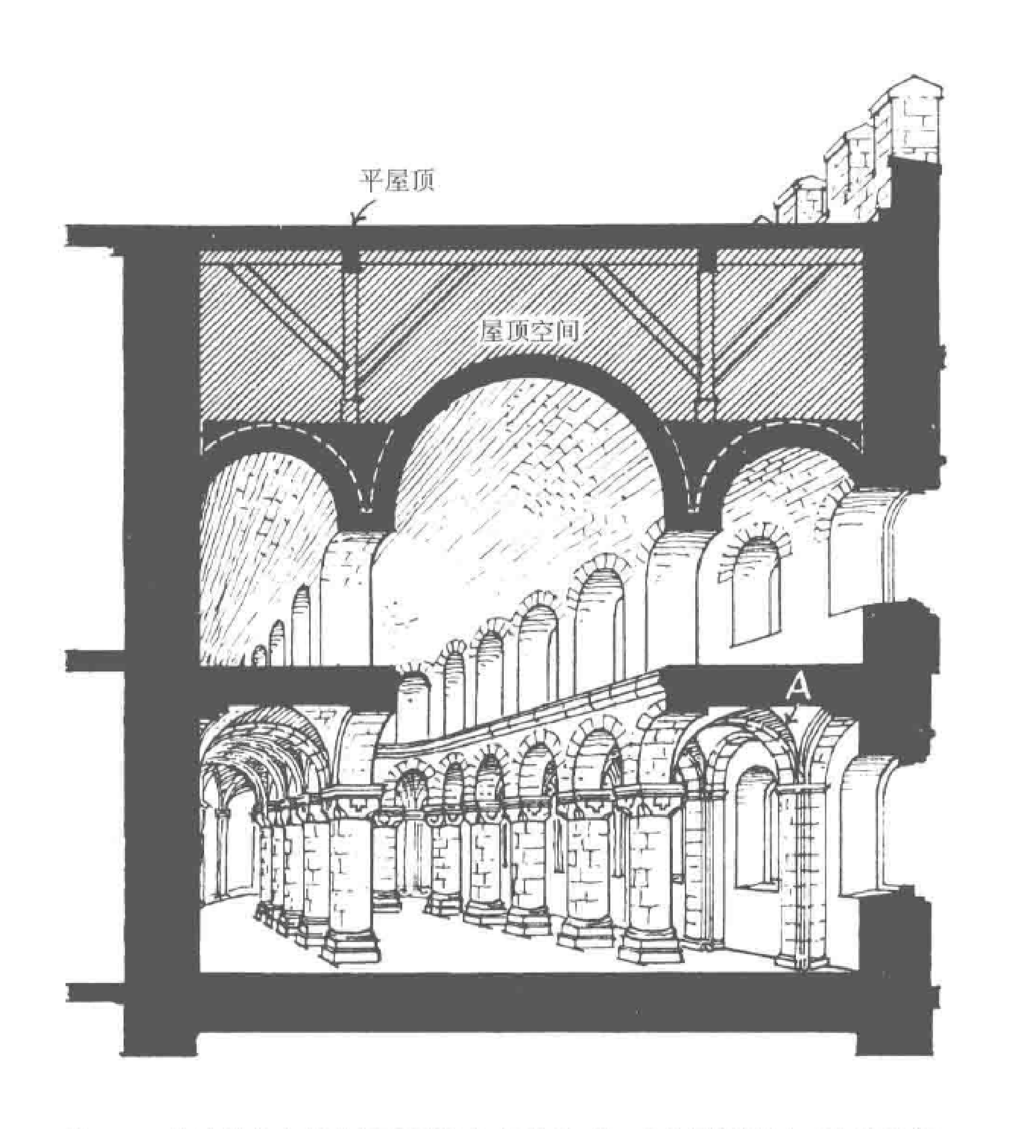


图 391　伦敦塔的白塔中的圣约翰礼拜堂（A 处：拱顶的拱肋）。约 1080 年。

不用现代的非常复杂的过程进行水泥沙浆填补，以起到加固作用。

在20世纪初，由于温切斯特大教堂的地基出现了严重的问题，不得不对其进行泥浆浇灌。主要原因是教堂原来建在湿软的地基上，而且地下水距地面仅10英尺。1079年进行二期建设时，人们将从一期所建教堂（约980年）中拆卸下来的短椽木桩打进土里，再在其上建地基。到了12世纪后期，在进行三期工程建设时，工匠们仍不得不在原有的湿地上建造：

对于距地面仅10英尺的地下水，他们像其祖先一样无能为力……唯一能做的是砍下高大的榉木，将其平铺在地基中，然后在上面建造房屋。这座建筑是当时英国的一处艺术瑰宝，但是在建成不久，问题便随之而来，而且最终几乎导致这部分建筑的毁损。木材并未腐朽，但整个被压进松软的土里，拱顶变得不稳，并给墙体施加外推力。整个这部分建筑与其西面的诺曼时期所建的部分分离开来，而且向东滑动，在分开的地方出现了大的裂缝，这些裂缝在其他个别地方也有出现[24]。

428

到了20世纪，人们不得不用各种各样的方式来加固墙体，用厚厚的一层水泥混凝土打地基。

1845年在彼得伯勒大教堂和1859年起在索尔兹伯里，都进行了必要的墙基加固。彼得伯勒大教堂地面下仅几英尺就是一层坚实的石灰石层，不过原先的地基却未延伸到这一层。还有许多例子可以看出罗马式建筑在设计上的诸多缺点，但英格兰此类建筑的地基却相当坚固。他们仔细地用捆在一起的木材组成框架，再嵌入石基中，这种方法在约克和刘易斯等地诺曼时期的教堂地基和城堡中可以见到。

英格兰南部当时所用的石料，有许多都从诺曼底的卡昂海运而

来，例如奇切斯特和坎特伯雷大教堂的石料。英格兰最好的石料产自北安普敦郡、约克郡南部和萨默塞特郡的采石场。在东英吉利亚，特别是在白垩产区，燧石常用来填充墙体或装饰墙面，被砌成一层一层的。除了那些带拱顶的极少例外，小教堂的碎石墙一般厚3英尺，而且用灰泥涂抹，再用石灰粉刷内外墙壁，甚至连圣奥尔本斯修道院重新利用的别致的罗马砖结构，也被这样掩盖掉了。到了11世纪末，诺曼式石构建筑的石块间接缝仍相当宽，但不久就变得更为紧密了。所以，拉德博恩（Thomas Rudborne）在描述由萨鲁姆的主教罗杰（Roger，1107—1142）主持修建的建筑时可以这样写道："石层的叠放十分得体，从外表看，整个墙体似乎是由一块石头构成的。"[25]

许多小教堂、大部分民居以及许多早期的诺曼式城堡都是木框架建筑，但似乎都没有保存下来。不过，有极少数那个时期的木屋顶遗留至今，其中最古老的一处是建于12世纪的位于赫里福德的主教宅邸，木屋顶由成排支柱支撑，支柱上的木拱横贯整个大厅。此外，温切斯特大教堂南翼的屋顶也是诺曼式的。

罗马式教堂的屋顶可以粗略地分为有拱顶和无拱顶两种。一些罗马的长方形廊柱大厅式建筑（边码421）和公共浴室的巨大拱顶暴露在外，仅用灰泥或金属包板作为保护措施。但在欧洲的北部，严酷的气候要求有更耐久的覆盖物来保护屋顶。缓坡屋顶的木椽直接架在拱顶的外表面上，拱是用砖、混凝土或石料砌成的（图402A），这样屋顶的重量就易使拱顶产生变形。因此，木屋顶被抬升，越过拱顶，其下面的连接梁避免了椽脚伸展对墙体造成的毁坏（图397）。然而，木屋顶和石拱顶的建筑直到哥特式时期才快速发展起来。

在西欧——包括英格兰，罗马式建筑的屋顶一般坡度较缓，上面铺半圆形瓦。在法兰西的一些地方，人们则更喜欢尖屋顶（有的坡度为45°），这样的屋顶一般铺石板。这一时期，稻草被大量用来铺盖屋顶，所以常常引发火灾，导致许多教堂被毁。1212年，伦敦开始

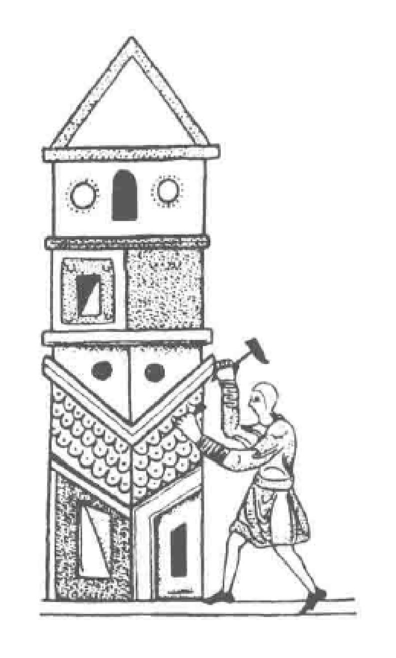


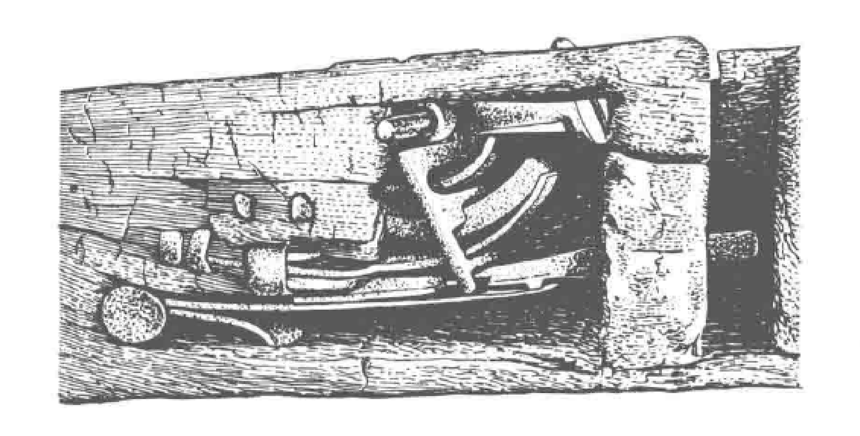
图 392　工匠正在将木瓦钉进屋顶。摘自一本 12 世纪的盎格鲁 – 撒克逊手稿。

禁止使用稻草铺盖屋顶。在英格兰和法兰西，更安全、更不易燃的铅很早就用于屋顶。比德在描述林迪斯凡教堂时说，主教于 688 年“揭掉了稻草，用铅包了墙和屋顶”[26]。据载，约克修道院约在 669 年用铅包了屋顶，坎特伯雷大教堂（1093—1130）的唱诗席和后来的侧廊也采用了同样的方法，位于图尔的著名的圣马丁教堂的屋顶则是用锡包的。诺曼时期的手稿显示，当时还有用木瓦铺屋顶的（图 392）。

诺曼时期建筑物的窗户比撒克逊时期的大，而且顶部常常是半圆形的。12 世纪，即使是教堂的窗户也很少装玻璃。在英格兰，现存的最古老的彩色玻璃可追溯到大约 1170—1180 年，这一点可以从约克修道院和坎特伯雷大教堂中的玻璃碎片上得到证实。现存的诺曼时期的门相当多，例如在卡斯托（还有门锁和钥匙）、塞姆普林汉姆（约 1133 年）和约克的僧侣会堂，后两者的门用松木制成。这种门起初就是一整块厚而重的木板，就像撒克逊时期的门一样（边码 425）。渐渐地，又将两块或多块竖板用横板条钉在一起，这样的门较薄，而且上面装了带有装饰效果的长叶铰链。在英格兰，罗马式建筑通常是门外锁，这是一种用木头包起来的锁，装在门的表面而不是门框上（图 393）。

除了在门、铰链和门闩上起装饰作用，铁制品在教堂中还有许多其他的用途，尽管显然不是用于建筑物的实际结构中。大教堂的圣殿和礼拜堂常常用熟铁制的优美的格栅围起来，教堂库房的窗户则装有大量带尖头的铁栅，以起保护作用。这些铁栅栏上，每根竖铁棍都穿过横棍上的眼，与横棍焊接在一起。库房的门也用了许多起保护作用的铁制品，例如铁衬里、铁饰钉以及铁插销和铁锁。

430



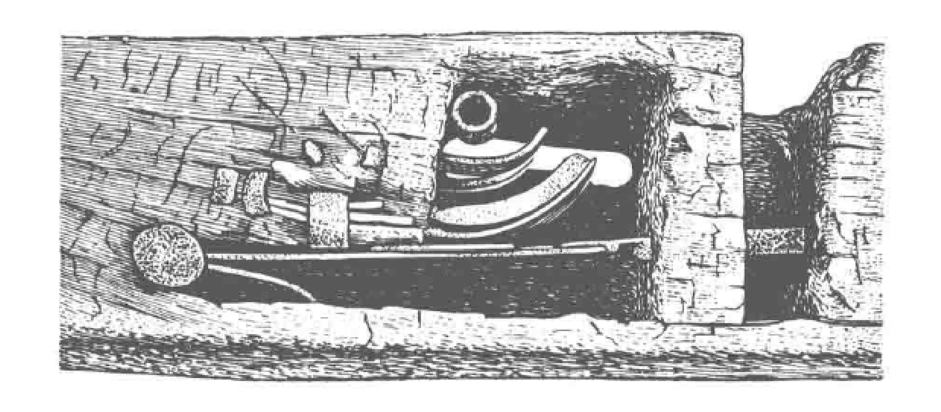


图 393　用一块木头制成的诺曼式锁——只显示了它的中心部分——是装在门外的。
如上图所示，钥匙从外面插入，其形状必须能穿过两片弯曲的铁叶。首先，钥匙上的突起将左边的水平弹簧叶压下；接着，同样通过钥匙上的这处突起将插销推向左边，把锁打开。下图中，上锁时弹簧叶可防止插销脱落。

12.4　哥特式时期

建筑史上的哥特式时期的起讫时间 1200 年和 1540 年是非常粗略的。法兰西的第一批哥特式建筑可以追溯到圣但尼修道院的教堂，它在巴黎附近，1140 年开始建造。其后，有许多华丽的大教堂修建起来，例如在巴黎、沙特尔、拉昂、布尔日、博韦、兰斯和亚眠。在英格兰，建筑风格由诺曼式向哥特式的转变从坎特伯雷大教堂的重建开始，它在 1174 年由一个法兰西建筑师主持进行，主要的变化包括尖拱的引入及其在穹顶上的应用（图 396E、图 397）。到了 1200 年前后，这种方法逐渐流传开来，尖拱、圆顶窗和门廊并存，所以有些学

431

432

者把1150—1200年这一段时期称为“过渡期”。但一般而言，我们将1200年以前的建筑称作诺曼式或罗马式建筑，而将其后3个半世纪中的建筑称为哥特式建筑，这一原则在英格兰很合适。

整个哥特式时期，建筑结构逐渐趋于轻巧，从早期诺曼式建筑中厚重的墙壁和筒形的石拱顶演变，最终用细长的拱柱支撑轻薄的拱顶，再辅以突出的扶墙，室内的隔墙则由嵌有巨大窗户的石隔板所代替。这一过程可以用一些实例反映出来。伦敦塔的白塔中的圣约翰礼拜堂（约1080年）就是罗马式筒形穹顶的一个小而典型的样本，它的拱顶厚1英尺多（图391）。索尔兹伯里大教堂的中殿（1237—1258，图394）是典型的早期英格兰哥特式建筑，当时刚开始采用尖拱。与位于威斯敏斯特的亨利七世礼拜堂（1500—1512）以及位于温莎的圣乔治礼拜堂（1473—约1537）相比，剑桥大学国王学院的礼拜堂（1446—1515，图395）代表了哥特式建筑的最高水平。从1080至1540年，人们采用石肋材来减轻石屋顶的重量，这是伞形结构原理的应用，肋材之间的空间用不超过6英寸厚的薄连接板填充。由屋顶重力所引起的向下的所有压力，都由仔细排列好的立柱或扶墙承载，而不是压在厚厚的石墙上。

433

从圣约翰礼拜堂（没有用扶墙）的巨大的罗马式墙体，到索尔兹伯里的醒目的扶墙和较薄的墙体，再到国王学院礼拜堂的细长拱柱和带有尖塔的扶墙以及嵌有巨大玻璃窗的墙体，可以看出墙壁厚度的演变过程。这一进步完全依赖于石肋材体系和尖拱的运用。罗马式筒形穹顶很厚重，从而产生向下的压力，很容易倾覆。由于运用了与主拱顶交叉的十字拱结构，罗马式教堂（图379）也存在此类问题。圣约翰礼拜堂较低的侧廊是一个小型样板（图391）。交叉线称为穹棱。下一步是在拱间铺设拱形石肋，从拱廊的支撑柱穿过主拱，使筒形拱的连接板架在这些横向的石肋上，接着在相关的拱上沿穹棱设对角肋。这种方法避免了在建筑过程中使用很重的木料来支撑筒形拱，从理论

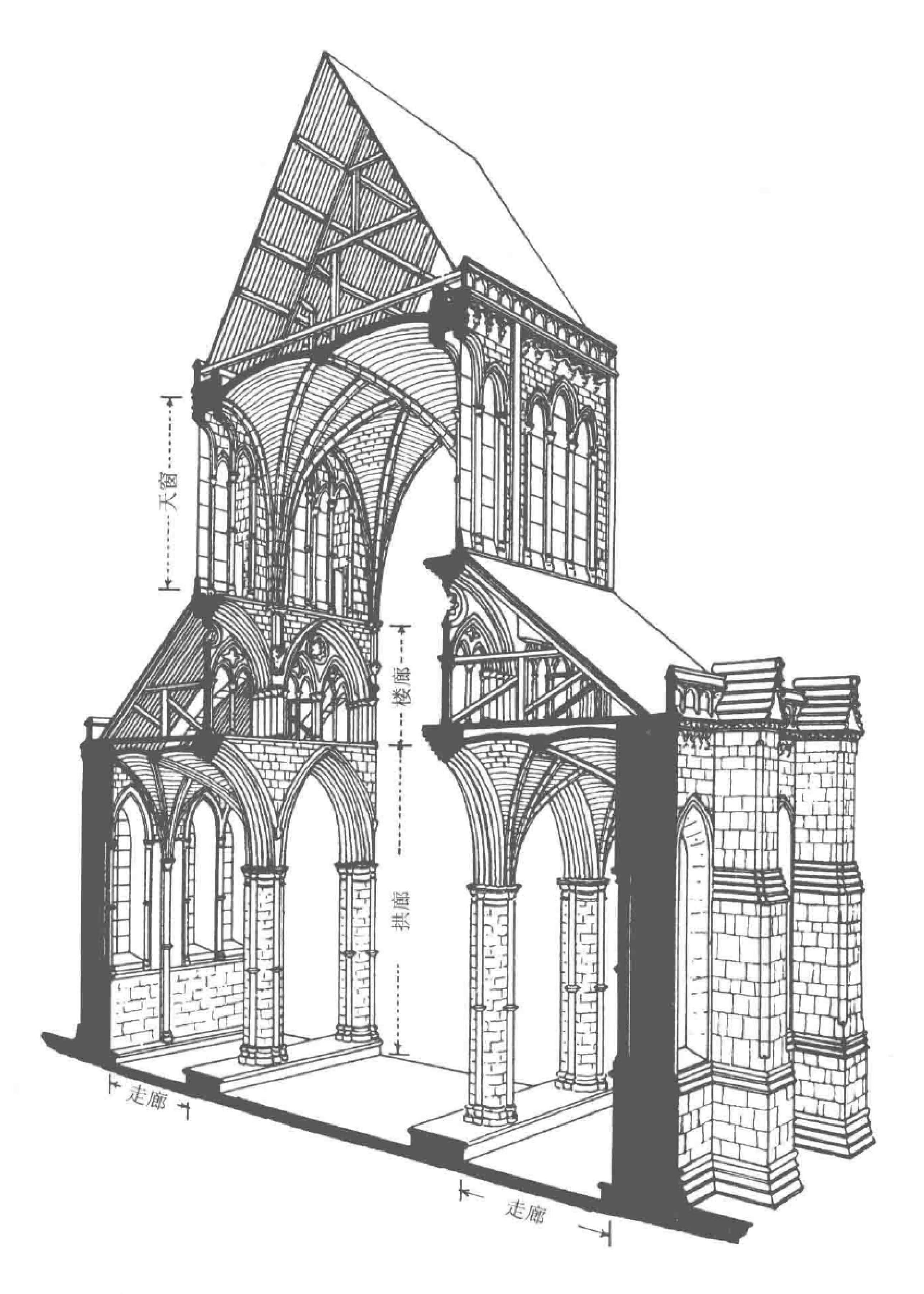


图 394　索尔兹伯里大教堂，剖面图。1237—1258。



图 395 国王学院礼拜堂，剑桥。剖面图。1446—1515。

上讲更合理，也更节省石头和木料(图 396B)。

起初，这种带肋拱和穹棱的拱顶仅限于用在狭窄的侧廊上。当工匠们积累了足够的信心后，就开始尝试在一些重要教堂高大的中厅上建筑防火的石拱顶。当时，只应用了半圆形拱，但是看一眼就会发现(图 396C)，如果横向和纵向拱是半圆形且跨距相等，由于位于对角线上拱的半径明显比它们长，则拱顶就会隆起，除非将半圆改成椭圆。这一点对侧廊来说影响不大，但是当建筑中厅的拱顶又高又宽时，人们就不仅要考虑结构，还要把它与侧廊的筒形拱顶体系连接起来，在中厅的拱廊采用双拱，侧廊上也配以两个筒形拱，这样一来，中厅拱顶的宽度就变为拱廊宽度的 2 倍，但比对角肋的长度却小得多。所以，如果所有的拱都做成半圆形并且从同一高度起拱，则这些拱的高度就会不同，从而不能达到满意的效果。这一问题通过改变拱的形状来解决(图 396D)。在中厅用一个真正的半圆形拱，更长的对角肋则采用一个高度相同但拱面趋平的辅助拱，同时“抬高”窄墙的高度以保持与中厅一致。这样，每个拱顶就被分成 6 个部分。

434

435

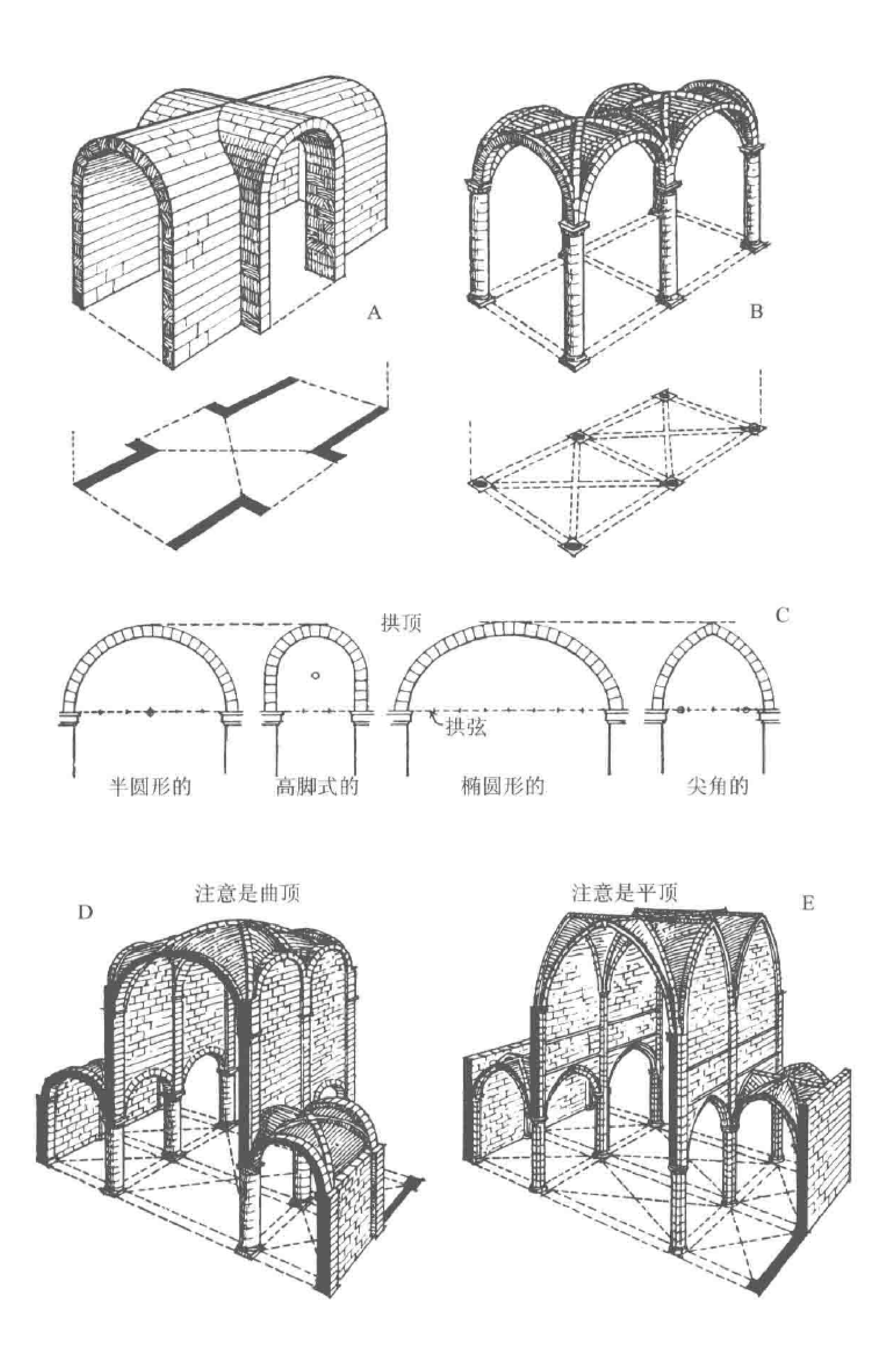


图 396　拱顶示意图。
(A)交叉筒形拱；(B)罗马式时期采用肋材的拱顶，下面是(A)(B)的透视图；(C)拱顶的弧；(D)罗马式时期的六肋拱顶；(E)哥特式拱顶(早期)。

这些筒形拱所存在的诸多问题，显示了哥特式时期之初采用尖拱的重要意义，因为尖拱可以在保持高度的同时调整宽度（图 396E），从而解决了建筑师们所遇到的主要困难。墙拱可以做得又窄又尖，横跨中厅的肋架可以做成以前的 2 倍宽，对角肋又变为以前长的一半，形成一个半圆。这样一来，不仅避免了所有拱的变形，而且通过石肋和连接板的配合使用，将屋顶的重量转移到柱子、支墩和扶壁，墙体上则可以任意开窗。

一种特殊的扶壁——飞拱是 12 世纪末由法兰西的建筑师们发明的，大量应用在法兰西的一些大教堂中，在英格兰却很少见。不过人们可以在威斯敏斯特修道院见到这种结构，这座建筑是在法兰西人的指导下建成的。飞拱的应用是为了将中厅或侧廊的拱顶所产生的巨大的侧向压力转移到地面。如果没有侧廊，就像巴黎的圣沙佩勒礼拜堂或剑桥的国王学院礼拜堂（图 395），侧向压力由抵在主墙体上的巨大扶壁来承载。但要是有侧廊，它们就必须通过某种方式连接起来。达勒姆大教堂（12 世纪晚期）横跨侧廊的巨大的拱顶就起了这些作用，但它们被隐入拱廊之中。当坎特伯雷大教堂由一位法兰西建筑师重建唱诗席（1175—1178）时，在侧廊的屋顶上也用了飞拱，但在下面几乎看不出来，因而在设计上没有形成显著的特色。典型的法兰西哥特式建筑的特点从亚眠大教堂（1230—1240）的建筑中可以看出（图 397），其穹顶高 140 英尺。为了清楚起见，图上只能看到一个飞拱，实际上中厅拱廊的每一个支墩都有一个飞拱与其对应。人们可以注意到，每一对支墩和飞拱之间的墙体都由大面积的玻璃构成，石料的运用减少到最低程度，这种效果只有通过飞拱的应用才能实现。

436

通常，人们都认为哥特式石构建筑很坚固。然而，尽管从外观上看很结实，坍塌事件还是频有发生。有几处高塔就倒塌了，这些事故有时是由于建筑师的冒险，多数原因还是基础不够牢固或墙体不够坚

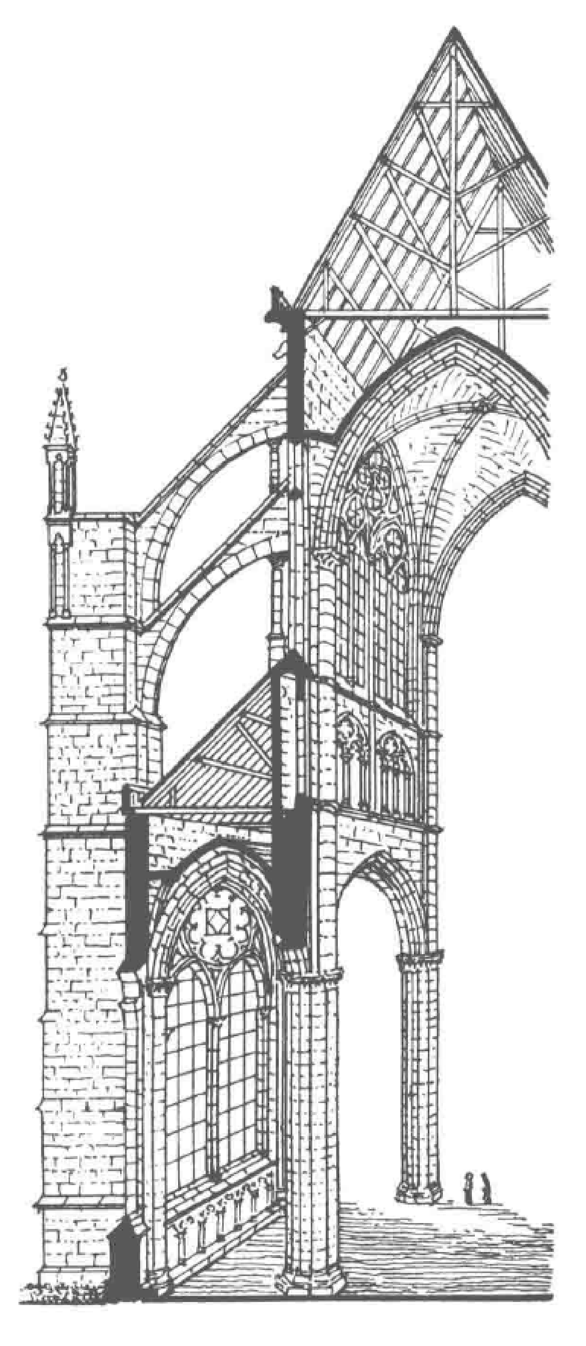


图 397 亚眠大教堂的局部，图中显示了飞拱的结构。1230—1240。

实。例如在奇切斯特，“在尖塔倒塌之前，当一块石头掉下时，其内部的灰泥就像水一样开始淌出来”[27]。

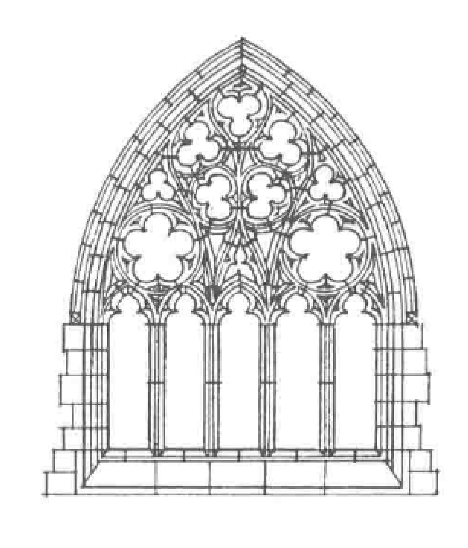
当时的一些记录显示，有时人们也很注重把地基挖得很深。地基常常是一层粗石，有时则是白垩或碎石。1453年，坚硬的约克郡产的石料被混以“上好的灰泥”作为伊顿公学的地基。有时，这些记录还提到夯打底土。在伦敦塔、哈德利城堡和桑威奇堡垒，建筑物下面都打了榆木桩，在温切斯特用了榉木桩，在约克则用了赤杨木桩。在建造伦敦桥和罗切斯特桥时，采用了包铁脚的木桩。14—16世纪的文献中，还特别提到了早期的打桩机。

在罗马式建筑时期，墙体可能完全采用毛石墙。通常会粉刷内外墙壁，或在毛石墙的一面或两面用琢石镶面，但很少完全用琢石砌墙体，长方形琢石只有一面会被修整。在一些薄的琢石墙（如低矮挡墙或影壁）里采用了穿墙石，正好横穿整个墙壁。在教堂里，还用了装饰过的楔形石、花格窗和门廊。特别是在东英吉利亚的白垩产区，主要用燧石砌墙。东英吉利亚的许多教堂（例如在绍斯沃尔德）会交替使用石灰石和燧石，形成方格图案（图401左）。在英格兰北部的一些郡，普遍使用的建筑材料是

磨碎的砂砾和砂岩，石构建筑的打磨很粗糙，雕刻也不精细。在康沃尔和布列塔尼的古老教堂中更是如此，这些教堂是用难以加工的花岗岩建造的。在门廊或窗户顶部塑出的腰线和滴水石，防止了雨水直接经墙面流下。除非墙体有凸出的屋檐遮蔽，否则就用带滴水檐的压顶来保护墙的顶部，同时也起到滴水的作用。在冬季筑墙或暂停施工时，为了防霜冻，通常用稻草、芦苇或其他植物将顶部盖起来。

哥特式石构建筑中高超的切石技艺，需要有实用几何学方面的知识，这在哥特式花格窗上体现得非常明显（图 398—399）。最大的这类窗户要算卡莱尔大教堂东面的窗户（14 世纪晚期），高 51 英尺，宽 26 英尺，仅拱脚上方的花格图案部分就使用了 81 块石头，有的石头长达四五英尺，而且所有的石头都经过精心雕塑。这些石头被巧妙地连接起来，每一块都能单独取下进行维修或替换，而不会影响整体良好结构的稳固性。

铁器被用来加固这些石构建筑的杰作。各种铁条被做成防盗用的铁栅，或用来像石器一样加固玻璃窗。整个铁栅由一根根从拱脚到窗顶的横向拉杆或横梁组成，短一些的横向铁条用来加固直棂间的玻璃，小的纵向铁条有时穿过直立支柱上的孔洞。有的时候，用于室内的铁



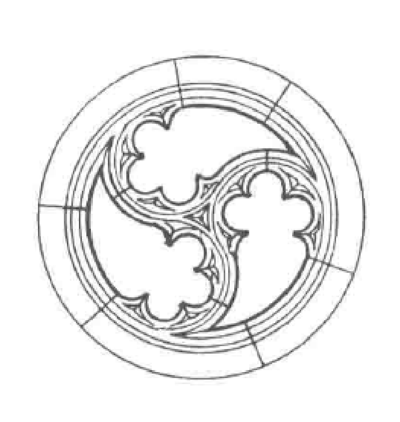


图 398　英格兰的哥特式窗饰，图中可看出石头的接缝。
（左）约克郡伊斯比修道院的餐厅（13 世纪）；
（右）卡莱尔大教堂（14 世纪晚期）。

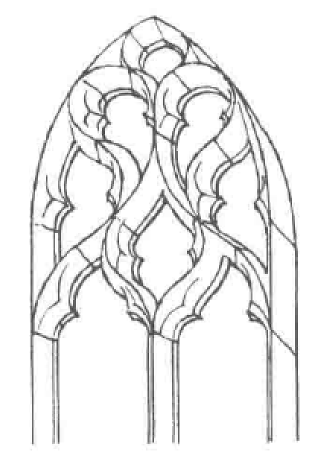



图 399 法兰西的哥特式窗饰。
(左)亚眠大教堂(13 世纪)的窗户的一部分，十分优雅;(右)巴黎圣热尔韦大教堂(15—16 世纪)的窗户的上半部分，显示了连接部分。

制品还可能镀锡、染色或涂一层黑色的沥青。令人吃惊的是，在威斯敏斯特修道院僧侣会堂中，细长的中心柱采用了组合成伞形的铁杆，在呈放射状一直延伸到穹肋，而且这类铁杆在这座修道院的整个建筑中大量应用。铁夹用于将石料连接起来，特别是那些暴露在外的建筑部分，例如小尖塔、角楼、堞眼，甚至是石砌壁炉的出檐。

在英格兰，砖构建筑的复兴是在 13 世纪，期间隔了 800 多年。1278 年的伦敦塔建造，大量使用了从伊普尔购买的佛兰芒砖。1303 年，在赫尔烧制的“瓦”很可能就是砖，而不是用于铺屋顶的瓦。但是，1335 年在伊利所使用的由英格兰烧制的“壁瓦”肯定是砖。不过，那时英格兰所使用的砖大多是从佛兰德进口到赫尔或其他一些东部港口的。从 1434 年起，修建林肯郡的塔特舍尔城堡所使用的大量的砖就已经在当地烧制了。一些产于赫尔附近的贝弗利的砖，在削角后专门用于门窗侧壁和拱门的砌造。英格兰的第一批制砖专家和砌砖专家中，有许多人出生时都是佛兰芒人或荷兰人。烧窑用的燃料通常是木头。一般来说，直到哥特式时期末，砖的运用仅限于东部从赫尔到多佛尔的几个郡，以及大多数佛兰德建筑工匠定居的地方(图 400、图 351)。砖的大小有许多种，但厚度几乎都比今天所使用的薄，大概有

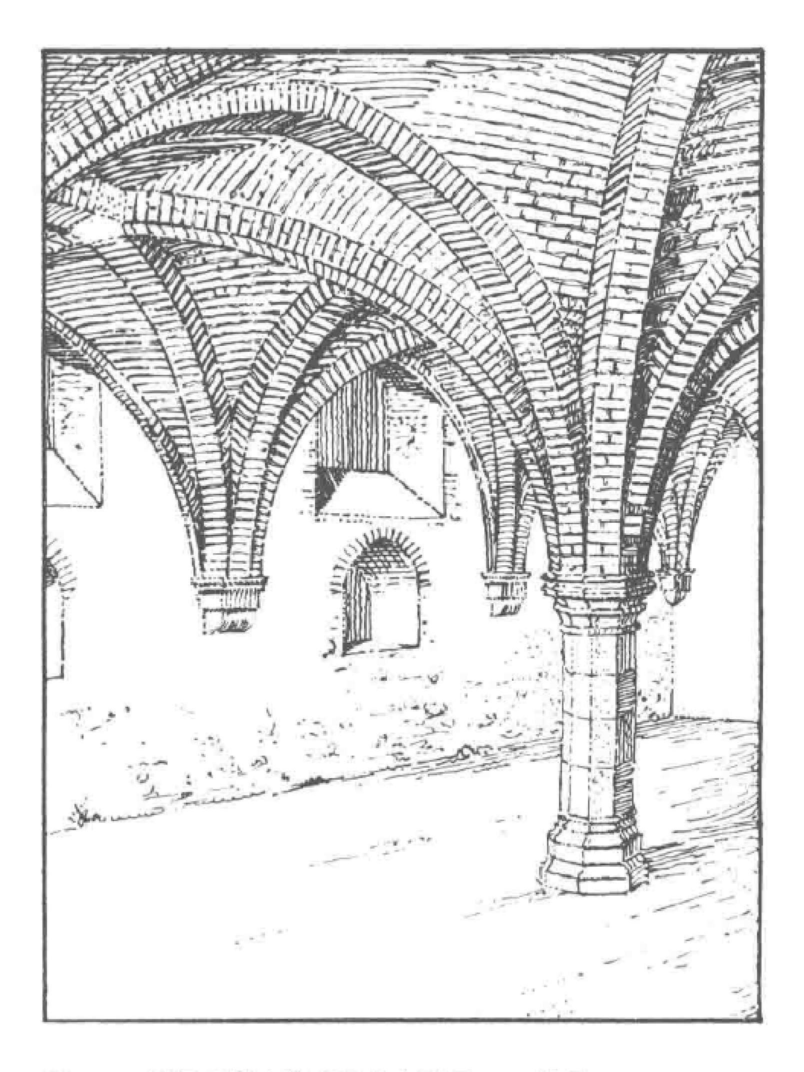
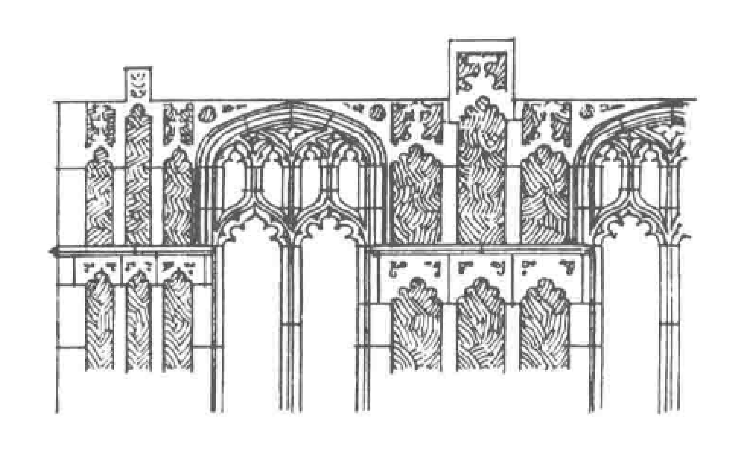


图 400　诺福克郡布莱克尼的市政厅，14 世纪。

439　2—2.5 英寸。砖的平均长度是 9 英寸，宽度为 4.5 英寸，不过长度会在 8—10.5 英寸之间变动，宽度也有可能达到 5.5 英寸。

早在 16 世纪，模制的砖就开始用在带有直棂和简单窗饰的窗户中。在埃塞克斯有几处例子，尤其是东拜尔舍姆（图 401 右）和齐格诺·斯梅莱教堂，其中的直棂、门楣及窗格都是用模制的砖砌成的。这座教堂所使用的墙砖一般规格为 9.625 英寸 ×4.5 英寸 ×2.125 英寸，而且颜色也有变化。早期都铎式建筑的窗户上出现了气窗，整个

440　窗户是一个自承重的砖构体系，到了晚期则经常用铁条进行整体或下部加固。在埃塞克斯的克拉克顿附近的圣奥西斯，教区教堂（16 世纪早期）的拱廊和拱柱均采用砖结构。更有意思的是，哥特式后期的建筑中偶尔还可以见到砖砌的螺旋式楼梯的扶手，例如金斯林的红色礼



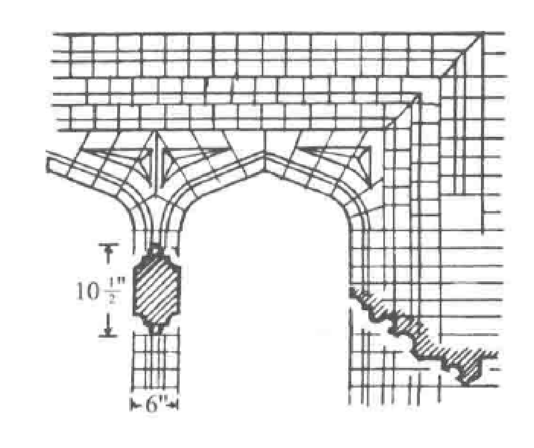


图 401 英格兰哥特式建筑的砖石工艺。
(左)位于萨福克的萨克斯曼德姆大教堂的气窗：阴影部分用燧石，其他部分用石头；(右)位于埃塞克斯的东拜尔舍姆庄园的砖结构窗户。16 世纪。

拜堂(1482 年)。

在欧洲大陆，中世纪西方砖构建筑主要的中心是意大利北部、日耳曼北部、佛兰德(图版 31B)、荷兰、西班牙的部分地区和法国西南部。意大利的砖多为红色，而且有很宽的灰泥接缝，修整得十分精细。总体而言，砖的规格比现代用的砖大，长度从 9.5 英寸到 12.5 英寸不等，厚度从 2.25 英寸到 3.25 英寸不等，而宽度一般为 5 英寸。不过据记载，在威尼斯所使用的砖只有 7 英寸 ×2 英寸。同时，各种各样的模制砖和陶块也被用于建筑中，有时还有砖砌的花格窗。在德国北部，许多大教堂都完全采用砖结构，包括窗饰和浮雕。法国的阿尔比大教堂也是砖构建筑的范例。

哥特式时期的木工技艺体现在木框架结构上，整个木屋顶形成一个完整的结构(图版 30A)，架在石质或砖质建筑上，有时则架在拱顶上。木框架的建筑从新石器时期起就开始在欧洲各地出现，随着时间的推移，在设计和工艺技巧上都不断进步。英格兰现存的最古老的木框架建筑几乎都不早于 1500 年前后，这主要是由于经常性的火灾和重建活动。不过，在英格兰的木材产区，木构建筑原理和技术一直延续到 17 世纪，因此本书的后面部分还将阐述有关内容。

哥特式时期放弃了罗马式时期那种将椽直接架在穹顶外面的糟糕

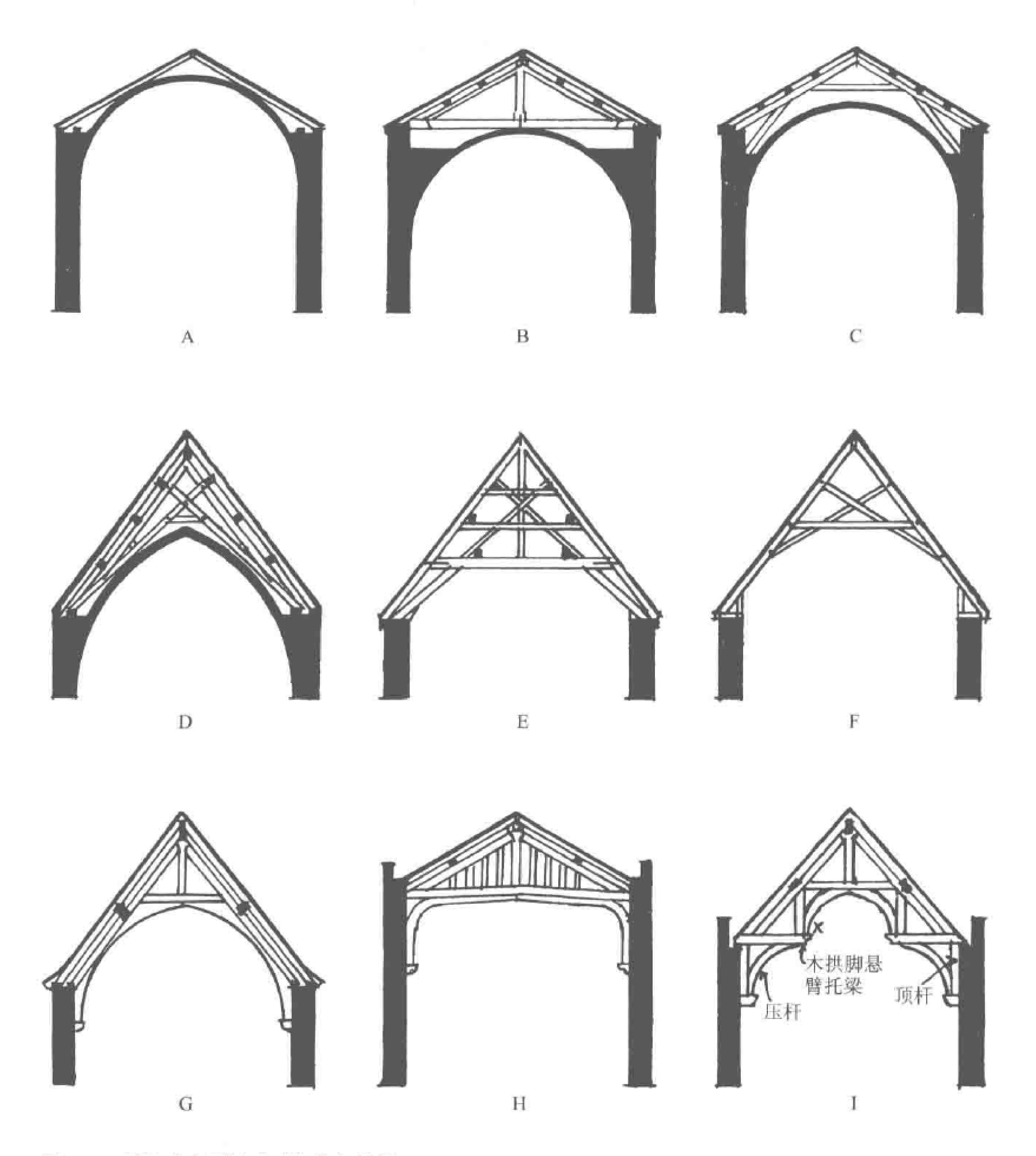


图 402　罗马式和哥特式时期的木屋顶。
(A)罗马式早期(意)：架在拱背上的椽；(B)罗马式(法)：引入系梁以减轻拱顶重量；
(C)罗马式(法)：改进的系梁；(D)哥特式时期(法)：用对角肋代替系梁；
(E)哥特式早期彼得伯勒大教堂带木制天花板的屋顶；
(F)哥特式时期(英)：带柱梁的桁架式椽子的屋顶；(G)哥特式时期(英)：带有系梁的曲撑屋顶；
(H)哥特式末期(英)：所谓的系梁屋顶，注意缓坡；(I)哥特式末期(英)：托臂梁屋顶。

做法，代以自承重的保护性屋顶（图 402），普遍在穹顶上部采用系梁，屋顶的倾角一般为 45°—60°。在德国和挪威，为了便于积雪滑落采用了极陡的屋顶，例如屋顶的倾角在戈斯拉尔达到 75°。

441

442

在英格兰，几乎所有重要建筑的屋顶都采用橡木。但是，在雷恩 1713 年所作的有关威斯敏斯特修道院屋顶的报告中，写到了亨利三世雇用的法国工匠：

虽然我们有世界上最好的橡木，但是这些愚蠢的工匠在威斯敏斯特的主厅和其他宫殿中却执意要用来自诺曼底的栗木。这种木材不适应英格兰的自然气候，虽然容易加工，但比橡木朽蚀得快。修道院的屋顶倒是橡木的，但采用了蹩脚的诺曼式建筑方法，不能使其免于拉伸，因而毁坏了墙体，同时排水的檐槽处理得也不好[28]。

中世纪英格兰所用过的最大的木料，可能是 1322 年沃尔辛厄姆的艾伦（Alan of Walsingham）建造伊利大教堂的灯塔时“花了很大力气运来”的 8 根橡木梁，每根大约为 50 英尺长，截面为 33 英寸 ×21 英寸。哥特式的木构架屋顶一般通过榫来结合，再以橡木钉固定，而不用铁条或铁带。但也不能一概而论，有些文献中就有关于用“铁狗”加固屋架的记载，例如埃尔特姆宫的大厅（1479 年）及其他一些地方。

在英格兰，与欧洲大陆的其他国家不同，大多数教堂和会堂的屋顶往往采用了极为漂亮的开放式木屋顶，而不用石构拱顶。无论有没有木桁架支撑，所有斜面的屋顶都用系梁加固，以防椽脚外展所产生的侧向压力。这种系梁架得越低就越稳，最理想的位置是设在和椽脚承梁板相同的高度。不过，系梁太低会妨碍东、西两面的窗户采光，在尖顶的建筑中尤其是这样。于是，人们采用了各种设计来弥补这一缺陷。

英格兰人发明了特殊的托臂梁（图 402I）来减轻屋顶的重量，它设在斜坡中部，比桁架更有效。这种设计的精巧性更甚于科学性，具体设计如下：

这是一种不完全的系梁，中间部分被去掉了……架在它上面的主椽似乎给它一个向外的推力，但这个力被它下面的撑子抵消了，撑子紧紧地顶在起重顶杆上，把侧向压力导向墙的下部，从而保持其稳定性。从 X 点，将一根笔直的支柱直接钉入主椽，弯曲的起拱面从这里撑到系梁上，而系梁一般通过一个中柱悬挂在屋脊上[29]。

443 哥特式建筑的各种屋顶，无论有没有桁架，所用的木料尺寸按现代的标准都是巨大的。普通的椽子有时从头到脚逐渐变粗，例如顶部为 7 英寸 ×5 英寸而底部为 8 英寸 ×7 英寸。板状的或者平面的木质天花板经常用在拥有桁架式椽子或流线型架子上，这样就产生了所谓的龙脊，它在整个 15 世纪都流行于英格兰西部。

板材在 13 世纪开始传入英格兰，但是使用得非常有限，而且还不用于门的制作。当时，门仍然是用板条和“架子”做成的（图 403）。到 14 世纪，门开始做成两层的，外层仍是竖的板条，用装饰性的细木条连接，内层则用横向的板条。内外两层以及细木条上都钉上一排排方头的熟铁钉子，然后从内侧将钉头敲弯。

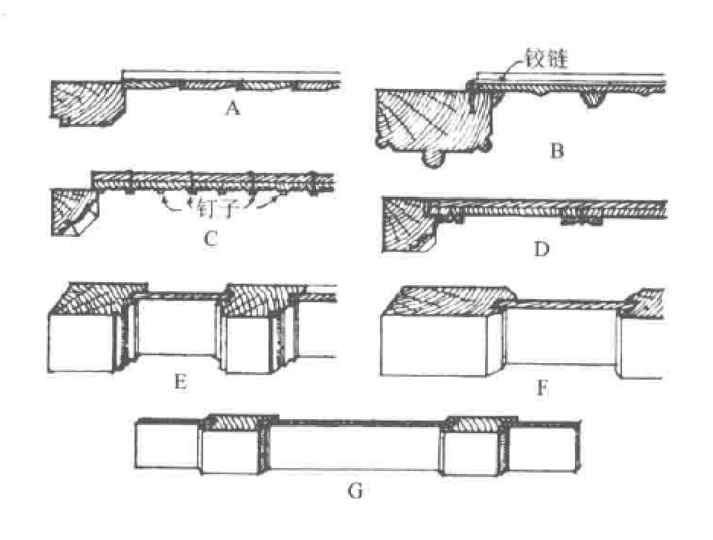


图 403 哥特式晚期英格兰的门和镶板。
（A—D）各种各样材料的门；（E—F）哥特式晚期的镶板：（E）模制，（F）斜面框架。（G）1530 年前后的镶板，显示出更薄的框架和更大的面板。

最早有关镶板的记载是

在13世纪（边码243），当时专门进口了一批挪威松制成的彩色镶板用于温莎城堡的一间寝室。镶板工艺起源于半加工的木材分割，带有结实的直杆和大约3英寸 ×4英寸的横条，前者隔开18—24英寸不等的距离固定，横条大约在地板层上方3—5英尺，这要根据房间的高度决定。框架是榫卯结构，有时是斜削而成的，但是多数时候是模制的。镶板就是将板放入这种框架中（图403E—G）。这种形式的框架促进了肋厚度的减少，到1540年已经不超过1英寸厚，常用的材料是橡木。

其余的工艺进步主要体现在装饰上，而非结构方面。像罗马式时期一样，有装饰用的铁铰链，粉饰工艺在哥特式时期已不受重视了。

大多数教堂和大型住宅都开始用玻璃镶嵌窗户。萨里郡的奇丁福尔德从1230年开始生产玻璃，并逐渐成为玻璃制造业的中心，英格兰当时生产两种玻璃——宽玻璃（*brodeglas*）和诺曼底玻璃，分别相当于现代的薄玻璃和厚玻璃，开始的玻璃非常厚，不均匀而且有点偏绿色（边码326）。玻璃着色后叫“熔色玻璃”，也就是将颜料混入熔融的玻璃中。当时，人们还很少在玻璃上绘画，也不知道用金刚石切割玻璃，而是很费力地用烧红的烙铁头在玻璃表面上切割。14世纪，玻璃绘画有了很大的发展，尤其是在伦敦和约克郡。

444

铅制品几乎仅用作教堂和其他大型建筑（图404G、404J）的屋面覆盖层。雨水通过石制的滴水嘴直接排到地面（图404A—G），这样就避免了使用铅制下水管。但是，从13世纪起就开始在木板上设置2英尺宽的铅制檐槽，有的还设在铁托架上（图404D—F）。偶尔也用铅制的下水管，例如1532年所建的威斯敏斯特宫就使用了“饰有皇家标志的方形铅水管”。

445

中世纪的铅是铸造的而非轧制出来的，在一个特制分格的光滑沙床上完成，重量为每平方英尺12—13磅。铅中含有许多银和砷的成分，随着时间的推移逐渐显出美丽的光泽。13世纪的沙特尔大教堂中

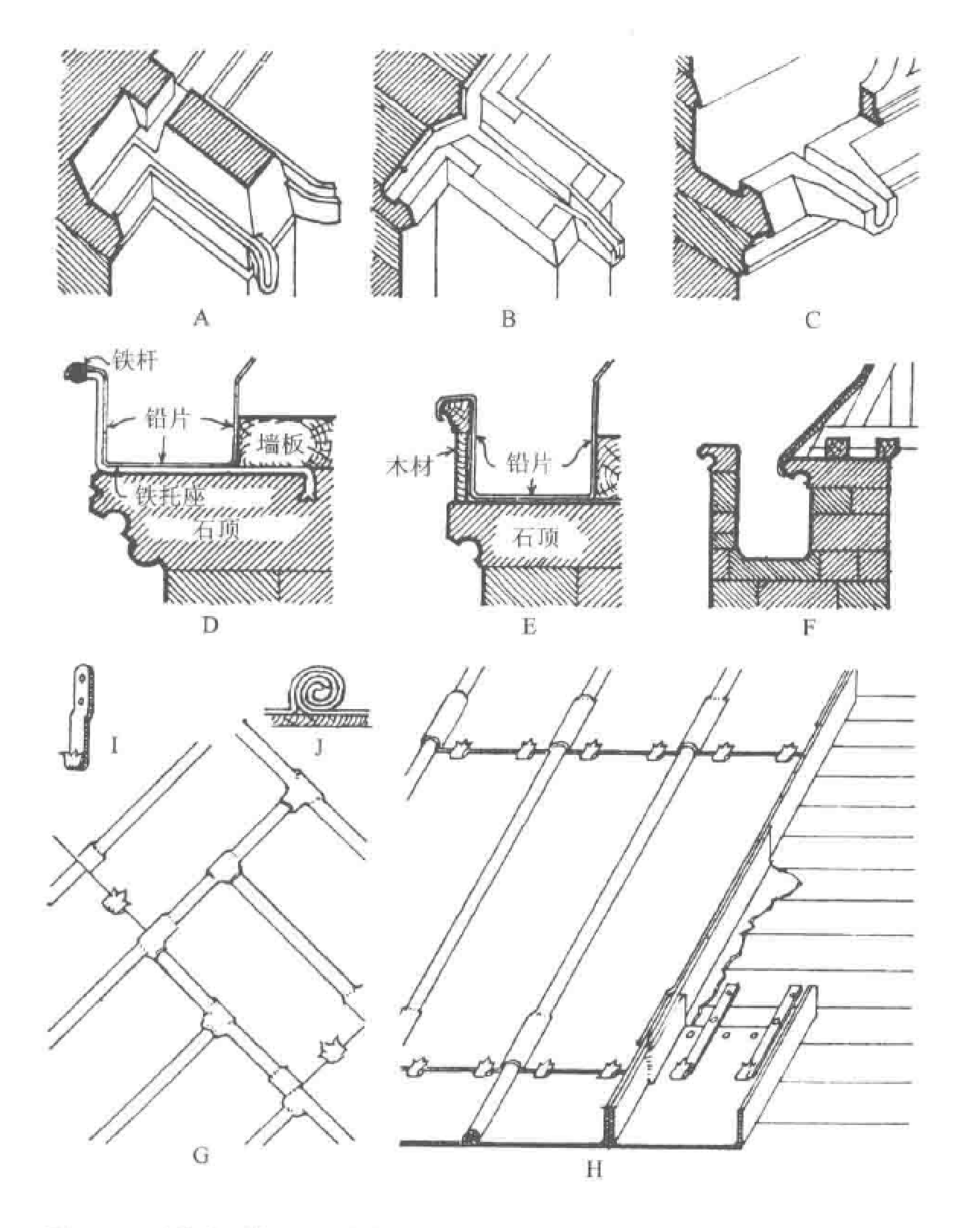


图 404　哥特式时期屋顶的排水设施和覆盖层。
（A）（B）（C）：石质的滴水嘴（法兰西）；
（D）（E）（F）：檐槽（法兰西）；
（H）（I）：一个尖塔上的对角形铅制品（法兰西）；
（G）（J）：沙特尔大教堂屋顶上的铅制品（法兰西）。

所用铅板的厚度大约为 1/6 英寸，不超过 2 英尺宽，3—4 英尺长。它们被用大头的铁钉钉在屋顶的木板上，每一片的边缘相接处上卷，从而形成一个直径为 1.5 英寸左右的铅卷（图 404G、404J），底边用两个铁夹固定以防止被风吹起，铁夹的底部又钉在木板上。在过了 6 个世纪之后，这些东西仍然保存良好。英格兰有几处中世纪的铅包的尖塔至今仍存，例如在戈德尔明和切斯特菲尔德，都有呈对角线设置的铅

卷。最有名的是伦敦的老圣保罗大教堂，据说有 260 英尺高，但这座建筑在 1561 年毁于火灾。

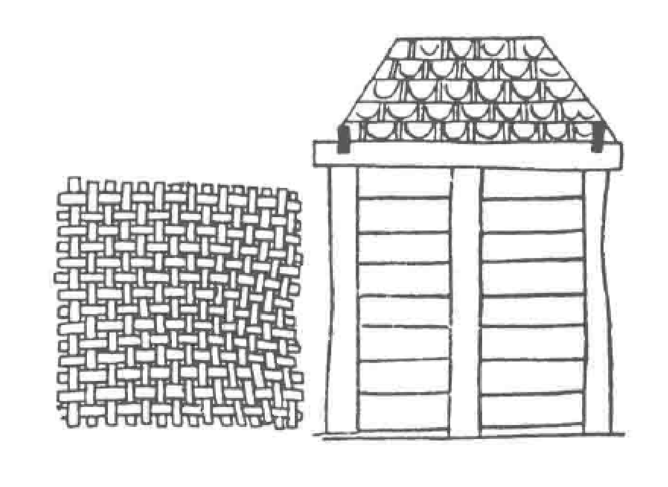


图 405　乡村建筑和篱笆。出自 1083 年意大利的一份手稿。

由于我们只关注建筑方法，有许多特殊类型的建筑都没有提到。只有不同于其他主要公共建筑时，家庭建筑的建造方法才会被提及。几乎到了中世纪末，无论在城镇还在农村，大多数工匠和农民的住房还保持了原始的样式，有涂泥的篱笆墙、木框架（图 405），或用粗石建造，屋顶通常用稻草覆盖。

在黄金时代（公元前 5—前 4 世纪），希腊上层阶级的住房一般都是两层的，要么围绕一个庭院而建，所有的屋子都面向院子，有着黑色的外墙，要么建在一个矮台上，例如在奥林索斯那样。在提洛，使用了原始的排水设施和便坑。罗马中产阶级的房子大多很简洁，也是围绕一个庭院而建。但在地价很高的罗马城，就出现了 3—5 层的公寓或“单元住宅”，每一“单元”都有单独的楼梯，这样的建筑在罗马的港口城市奥斯蒂亚也可以见到（图版 29A）。庞贝城的房屋比古典时期其他任何地方的房屋更显得奢华和精巧（图版 29B），房屋同样围绕庭院或天井而建。英格兰的罗马式“别墅”实际上是设计复杂的大型农舍，用热空气取暖，主要房间里用马赛克装饰地面。位于萨塞克斯郡比格诺的别墅有 65 个房间，在福克斯通的别墅有 50 个房间，赛伦塞斯特附近切德沃思的别墅也属此类建筑。英格兰最早的中世纪石构房屋是诺曼时期的房子，例如林肯郡的所谓“犹太人的房子”和位于贝里圣埃德蒙兹的穆瓦斯府第。然而，这一时期的此类建筑很少，几乎所有遗存下来的中世纪的石构或砖构的房屋都是 14 世纪以后所建的。1400 年以前的木框架建筑几乎没有遗留下来的，不是毁于火灾，

446

就是由于气候的原因而逐渐朽蚀。

整个中世纪，没有什么力学和静力学的理论原则用在建筑问题上，在这个意义上可以说中世纪的建筑缺乏科学性。建筑师们所依靠的是从一次次尝试和失误中所得到的经验方法，所以也就常常可以见到坍塌事故，尤其在建塔的时候。但从另一方面说，中世纪的建筑师和工匠们掌握了广泛的应用几何学知识，可惜的是，像维特鲁威著作那样的有关当时建筑工艺的专著没有流传下来。

相关文献

[1] Vitruvius *De architectura*, II, iii, 3. (Loeb ed. Vol. 1, p. 92, 1931.)

[2] *Idem Ibid.*, II, vii, 1, 5. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 106, 110, 1931.)

[3] *Idem Ibid.*, II, vi. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 100 ff., 1931.)

[4] *Idem Ibid.*, II, iv. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 94 ff., 1931.)

[5] *Idem Ibid.*, II, v. (Loeb ed. Vol. 1, PP. 96 ff., 1931.)

[6] *Idem Ibid.*, II, iii, I–4. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 88 ff., 1931.)

[7] *Idem Ibid.*, X, ii. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 278 ff., 1934.)
Idem Ibid., III, iv, 2. (Loeb ed. Vol. 1, p. 180, 1931.)

[8] *Idem Ibid.*, II, viii, 1. (Loeb ed. Vol. 1, p. 110, 1931.)

[9] *Idem Ibid.*, II, ix. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 130 ff., 1931.)

[10] *Idem Ibid.*, IV, vii, 4. (Loeb ed. Vol. 1, p. 240, 1931.)

[11] *Idem Ibid.*, VII, i, 2. (Loeb ed. Vol. 2, p. 80, 1934.)

[12] *Idem Ibid.*, V, i, 6–9. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 258 ff., 1931.)

[13] *Idem Ibid.*, V, x, 3. (Loeb ed. Vol. 1, p. 304, 1931.)

[14] *Idem Ibid.*, VII, ii, 1–2. (Loeb. ed. Vol. 2, p. 86, 1934.)

[15] *Idem Ibid.* VII, iii, 1–2. (Loeb ed. Vol. 2, p. 88, 1934.)

[16] *Idem Ibid.* VII, iii, 3. (Loeb ed. Vol. 2, p. 90, 1934.)

[17] *Idem Ibid.*, VII, iii, 5–7. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 90 ff., 1934.)

[18] *Idem Ibid.*, VII, iii, 11. (Loeb ed. Vol. 2, p. 96, 1934.)

[19] *Idem Ibid.*, VII, iv, 1–2. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 96 ff., 1934.)

[20] *Idem Ibid.*, V, ix, 7. (Loeb ed. Vol. 1, p. 300, 1931.)

[21] *Idem Ibid.*, VIII, vi, 4, 8, 10–11. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 182, 186, 188, 1934.)

[22] *Idem Ibid.*, V, i, 4–5. (Loeb ed. Vol. 1, p. 256, 1931.)

[23] Bede, The Venerable. *Historia abbatum* in 'Complete Works', Latin and English ed. by J. A. Giles, Vol. 4, p. 366. Whittaker, London. 1843.

[24] Jackson, Sir Thomas (Graham). Letter in *The Times*, 7th October, 1907.

[25] Rudborne, Thomas. *Historia major Wintonensis* in Wharton, Henry (Ed.). *Anglia sacra*, Part I, p. 275. Richard Chiswel, London. 1691.

[26] Bede, The Venerable. *Historia ecclesiastica gentis anglorum*, III, xxv, in 'Complete Works', Latin and English ed. by J. A. Giles, Vol. 2, p. 362. Whittaker, London. 1843.

[27] Jackson, Sir Thomas (Graham). 'Gothic Architecture', Vol. 1, p. 259. University Press, Cambridge. 1915.

[28] Wren, Sir Christopher. "Memorial on Westminster Abbey", in Wren, C. *Parentalia*, pp. 295–303. T. Osborn and R. Dodsley, London. 1750.

[29] Jackson, Sir Thomas (Graham). See ref. [27], Vol. 2, p. 125.

参考书目

总论：

Briggs, M. S. 'A Short History of the Building Crafts.' Clarendon Press, Oxford. 1925.

Choisy, F. A. 'Histoire de l' architecture' (2 vols). Gauthier-Villars, Paris. 1899.

Straub, H. 'A History of Civil Engineering' (trans. by E. Rockwell). Leonard Hill, London. 1952.

希腊与罗马：

Choisy, F. A. 'L' art de bâtir chez les Romains.' Ducher, Paris. 1873.

Cozzo, G. 'Ingegneria romana.' Casa Editrice Selecta, Rome. 1928.

Dinsmoor, W. B. 'The Architecture of Ancient Greece' (3rd ed. rev.) based on the first part of 'The Architecture of Greece and Rome' by W. J. Anderson and R. P. Spiers. Batsford, London. 1950.

Durm, J. 'Die Baukunst der Griechen' (3rd ed.) in E. Schmitt, *et al.* (Eds). 'Handbuch der Architektur', Part II, Vol. 1. Gebhardt [Kröner], Leipzig. 1910.

Idem. 'Die Baukunst der Etrusker. Die Baukunst der Römer' (2nd ed.). *Ibid.* Part II, Vol. 2. Kröner, Stuttgart. 1905.

Middleton, J. H. 'The Remains of Ancient Rome' (2 vols). Black, London. 1892.

Rivoira, G. T. 'Roman Architecture' (trans. by G. McN. Rushforth). Clarendon Press, Oxford. 1925.

Robertson, D. S. 'A Handbook of Greek and Roman Architecture' (2nd ed.). University Press, Cambridge. 1943.

Vitruvius *De architectura*. (Loeb ed. 2 vols. Heinemann, London. 1931–4.)

448

拜占庭与伦巴第人：

Choisy, F. A. 'L' art de bâtir chez les Byzantins.' Librairie de la Société Anonyme de publications périodiques, Paris. 1883.

Diehl, C. 'Manuel d' art byzantin' (2nd ed. rev. and enl., 2 vols). Picard, Paris. 1925–6.Rivoira, G. T. 'Lombardic Architecture' (trans. by G. McN. Rushforth. 2 vols). Re-edited by Edith E. Rivoira with additional notes by various authors. Clarendon Press, Oxford. 1933.

中世纪：

Addy, S. O. 'The Evolution of the English House' (rev. and enl. from author' s notes by J. Summerson). Allen and Unwin, London. 1933.

Andrews, F. B. 'The Mediaeval Builder and his Methods.' University Press, Oxford. 1925.

Bond, F. 'Gothic Architecture in England.' Batsford, London. 1905.

Clapham, Sir Alfred (William). 'English Romanesque Architecture' (2 vols). Clarendon Press, Oxford. 1930–4.

Corroyer, E. 'L' architecture gothique.' Ancienne Maison Quantin, Librairies-Imprimeries Réunies, Paris. 1891.

Crossley, F. H. 'Timber Building in England from Early Times to the end of the Seventeenth Century.' Batsford, London 1951.

Essenwein, A. von and Hasak, M. 'Die romanische und die gotische Baukunst' in Durm, J., Schmitt, E., *et al.* (Eds). 'Handbuch der Architektur', Part II, Vol. 4. Bergsträsser, Darmstadt and Kröner, Stuttgart. 1892–1903.

Innocent, C. F. 'The Development of English Building Construction.' University Press, Cambridge. 1916.

Knoop, D. and Jones, G. P. 'The Mediæval Mason.' University Press, Manchester. 1933.

Lloyd, N. 'A History of English Brickwork' (new and abr. ed.). Montgomery, London. 1935.

Salzman, L. F. 'Building in England down to 1540.' Clarendon Press, Oxford. 1952.

Viollet-le-Duc, E. E. 'Dictionnaire raisonné de l' architecture française' 10 vols). A. Morel, Paris. 1854–69. Especiall. "Construction" in Vol. 4, pp. 1–279, trans. by G. M. Huss. 'Rational Building.' Macmillan, New York. 1895.

第 13 章 细金工

赫伯特·马里恩(HERBERT MARYON)

13.1 希腊和罗马的细金工

早期希腊和伊特鲁里亚(Etruscan)珠宝的显著特点就是工艺极其考究，其后的金匠无法制作出比它们更为精细的颗粒状珠子，以及更为精巧的细工饰品或者更为精美的串饰(第 I 卷，边码 657—658)。项链上色彩斑斓的宝石间串联着比例适中的珠子和环饰，只有文艺复兴时期的杰作可与之媲美。作为希腊工艺的继承者，罗马工匠的工艺风格与希腊金匠的精细工艺形成了鲜明对比，他们常常用金子制作出金光闪闪的阔面，傍以宽阔的背景和结实的链子，例如某些皇帝或统治者的纪念章。金质工艺品的宽度和整体质量，给我们留下了深刻的印象。

希腊和罗马的镜子是抛光的铜镜，通常为圆形，手柄装饰精美或



图 406　希腊化风格的青铜杯。高约 5 英寸。

为人物造型。有的铜镜背面饰有用车床车成的同心圆图案，而且还可能饰有用金属工具刻成的神话场景。

希腊生产的银杯和铜杯形状简约，线条流畅，鲜有工艺品能出其右（图406）。这些艺术品通常小巧玲珑，但同样比例适中、线条纤细，这些特点也可从法国维城出土的大型提水罐和铜罐中见到，其颈部装饰着立体感颇强的图案（图407—408）。从萨顿胡的沉船宝藏（约655年）中发现的10个圆形银碗均由车床车制而成，每个直径为9英寸。这种技术在公元前4世纪十分罕见，虽然自此以后车床加工制品变得极为平常。工匠看起来是采用直径为10—11英寸的木头，将其端面装于车床之上，然后将圆板表面多余的部分车制成凹面，从而确定木碗的造型。工匠将银片退火后，紧紧地嵌入凹陷处。他需要一个带有固定轴钉的坚硬撑架，以及一件长而坚固的旋制或抛光工具，其把手长约2英尺，带有一个抛光得锃亮的硬钢钻头。当车床旋转时，工匠把工具作为杠杆，以撑架上的轴钉为支点，同时给银片的表面抹油，并将银片压入凹陷处，再抛光擦亮。在长时间的敲击过程中，工匠所设想的造型渐渐成形。在萨顿胡碗的表面，旋转工具所留下的旋纹清晰可见。最后，工匠把成品碗从固定模具的边缘剥离下来。



图407　在塞纳河畔沙蒂永附近的维城发现的青铜拌缽，约公元前575年，高超过5英尺。

早在克诺索斯和迈锡尼时期，希腊人和罗马人就已经开始制作金属制品，并见证了希腊与罗马最为辉煌的时期，一直延续到5世纪初罗马人告别定居生活为止，历时达2000多年。但是，承继这一文明的后裔们——分布在高

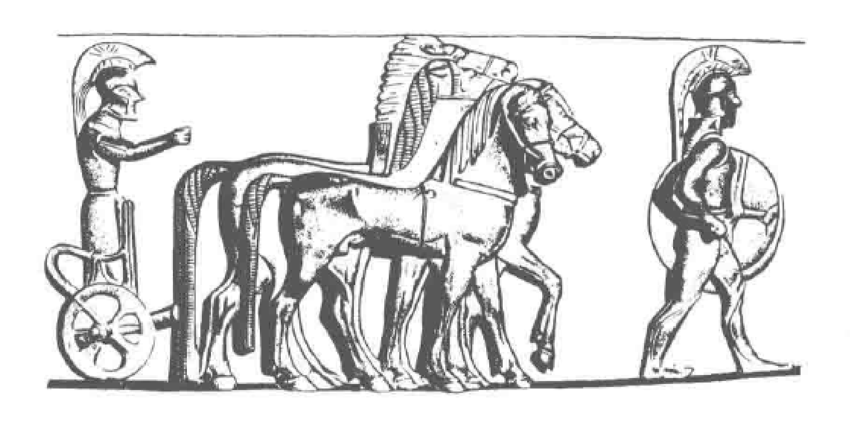


图 408　维城青铜拌鉢上壁缘的细部。

卢、不列颠乃至更远的日耳曼和斯堪的纳维亚——掌握并保持着从罗马人那里继承下来的传统工艺技能，并生产出具有自己民族文化特色的杰出作品。

13.2　镶嵌

璀璨夺目的珐琅工艺曾经给中世纪早期的拜占庭艺术带来无限辉煌。从塞浦路斯库克利亚的一座迈锡尼时期墓葬内出土的嵌金属丝花纹珐琅制品（图 420），将珐琅工艺的出现提前了 2000 多年。但是，这一艺术还有其他的渊源。装饰着彩色珐琅的凯尔特铜镜（图 423）和马具就源自希腊精细的珐琅工艺，撒克逊吊碗镶嵌的珐琅装饰则继承了罗马工艺的粗放风格[1]。

在真正意义上的珐琅问世之前几个世纪，镶嵌珠宝的珐琅金属制品就已经出现了。公元前 5 世纪及此后的希腊人在参观波斯王宫时，无不为其辉煌耀眼的珠宝金属制品感到震撼，正如公元前 3 世纪哥特人劫掠小亚细亚时的感受一样。他们也采用了波斯人和萨尔马特人的装饰方法，并随着在欧洲大陆的迁徙，把它传播到欧洲各地。到了 3 世纪中叶，多瑙河地区的哥特统治者使用的金器均模仿了波斯王

451

1　在嵌丝制品中，装饰物（珠宝或玻璃）被接合、粘贴或熔合在一个由金属丝线组成的网络中。盘丝可以焊在一个坚实的金属基体上，或者可以透光（这时这件制品就被称为“镂空的”）。在镶嵌珐琅制品中，要进行装饰的孔洞是在用镂刻或雕刻工具在金属基体上成形的。偶尔也用模铸的方法。

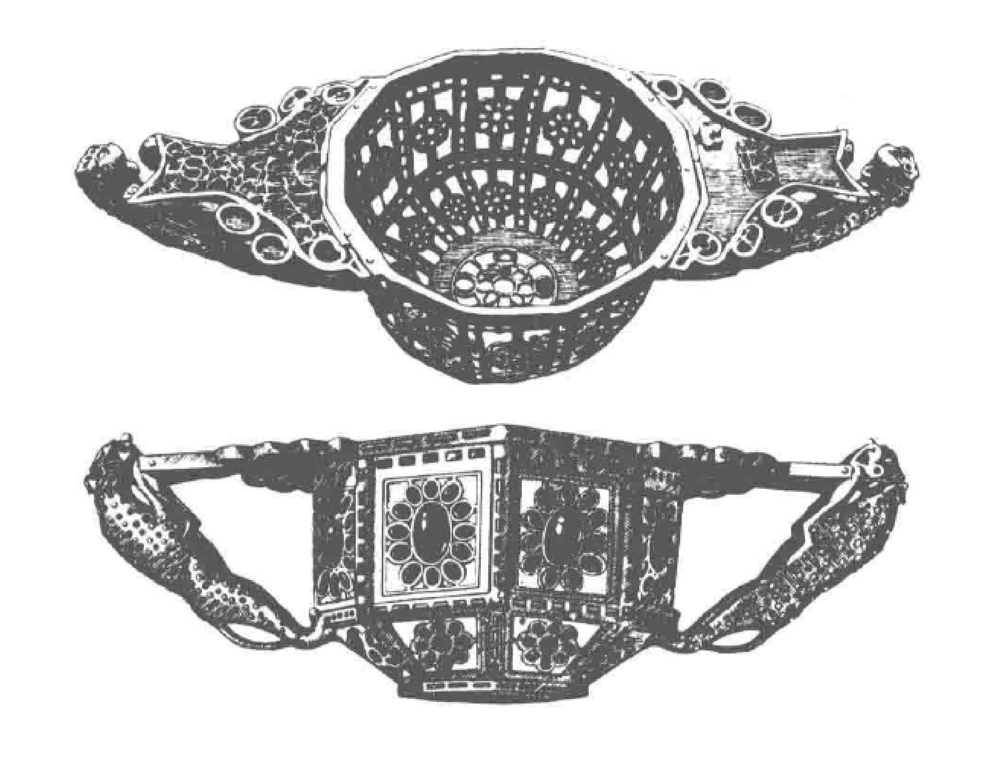


图 409 （上）十二面金篮，(下)修复后的八面金碗。出自罗马尼亚彼得罗萨的哥特人宝藏。3 世纪。直径(上)约 6.9 英寸，(下)约 7.3 英寸。

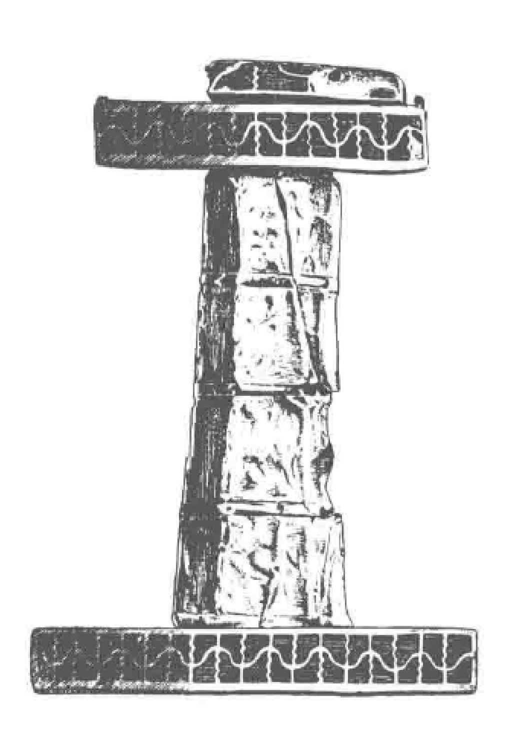


图 410 希尔德里克剑的金剑柄复原物。剑首与剑格处镶嵌有石榴石。墨洛温王朝，约 481 年。

室镶饰珠宝的华丽风格。在彼得罗萨宝藏(图 409)中，时常会看到色彩斑斓的石头被镂空嵌于基体中，即深深地镶嵌在底子里，例如一件金带扣镶嵌着红宝石，并用派罗维(Pehlevi)文字刻上了阿尔塔萨西斯(Artaxerxes)的名字。

其他类似工艺品还有希尔德里克(Chideric，卒于 481 年)的剑(图 410)和考罗斯二世(Chosroes Ⅱ，589—628)的精雕水晶杯(图 411)，后者镂空镶金，盘丝上还带有红绿宝石。在蒙扎大教堂所存的金质书封，系伦巴第女王泰奥德兰德(Theodelinde)在 628 年临终所赠，四边装饰着石榴石的嵌丝珐琅和凸圆形

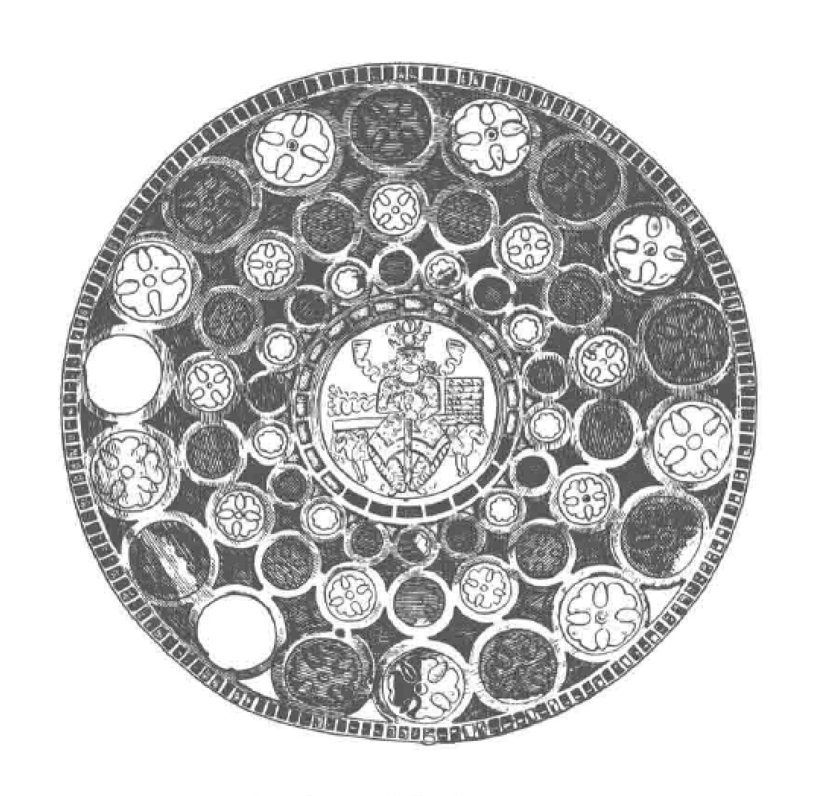


图 411 波斯王考罗斯二世的杯子。
由水晶、黄金和宝石制成。出自巴黎圣但尼大教堂的宝藏，约 600 年。

石头，其工艺堪与上述那把剑相媲美。

类似的宝藏还有朱特—西哥特王国的幸存物，例如丰特—德瓜加扎尔（Fuente de Guarrazar）的一些王冠（图 412）。可与其相媲美的英格兰工艺品包括金斯顿胸饰（图 413）以及萨顿胡的金制钱袋衬板（图 414），它们是那个时代最为精美的珠宝。圣库思伯特（St Cuthbert）十字架（图 415）则几乎是同时期北部英格兰工匠独一无二的杰作。

452

迄今仍存世的由拜占庭工匠制作的这类珠宝镶嵌制品中，一个圣骨箱最为古老，箱内存放着一枚“真十字架”残片。569 年，它被从君士坦丁堡送到普瓦捷的圣克鲁瓦修道院，作为查士丁二世（Emperor Justin Ⅱ，565—578）赠给拉黛贡德皇后（Queen Radegund）的礼物（图 690），后者是这家修道院的院长。三联雕刻中页的四周镶边，由一块大约 2.25 英寸见方的嵌丝珐琅板组成。圣物残片保存在中央部位，十字形的凹形槽内，四周镶着接在盘丝上的方形绿宝石。珐琅板的四周也环绕着形状相似的绿宝石，珐琅的深蓝色底纹装饰着金色的缠枝



图 412　在托莱多附近丰特—德瓜加扎尔出土的高贵王冠之一，由黄金和宝石切割镶嵌而成，还有珠宝的坠子，上有用西哥特文字写出的国王名字和献词：RECCESVINTHUS REX OFFERET。约 660 年。



图 413　盎格鲁－撒克逊人的胸饰。由金、石榴石、玻璃、贝壳等组成。出自坎特伯雷附近的金斯顿土丘，6 世纪。

花叶、青绿色的叶子和带着红色花蕊的花儿。从镶着珠宝的周边以及镶嵌着珐琅的板来看，二者的风格均似源自东方。同时期的作品还有查士丁二世赠给罗马的金十字架，它和同时期的其他作品共同显示出构思巧妙的铭刻已成为纹饰不可分割的组成部分。

在法国的墨洛温（Merovingian）王朝时期（431—751），用银制纹样镶嵌铁带扣以及类似物品的风俗广为盛行。简单的线条纹饰是将银线锤入用刻刀雕出的线形凹槽而成，宽阔的地方则用平整的金片或银片层层相叠。为了达到预期的效果，用锋利的铁笔在盘子上雕刻出一些平行的深沟槽以备装饰之需，届时可以把与沟槽长度相当的银线放进去并锤平。一些银线填入了沟槽，大多数银线则散布在器表。有了精心布局的沟槽，金线或银线层可以变得光滑平整、线条流畅和经久耐

453

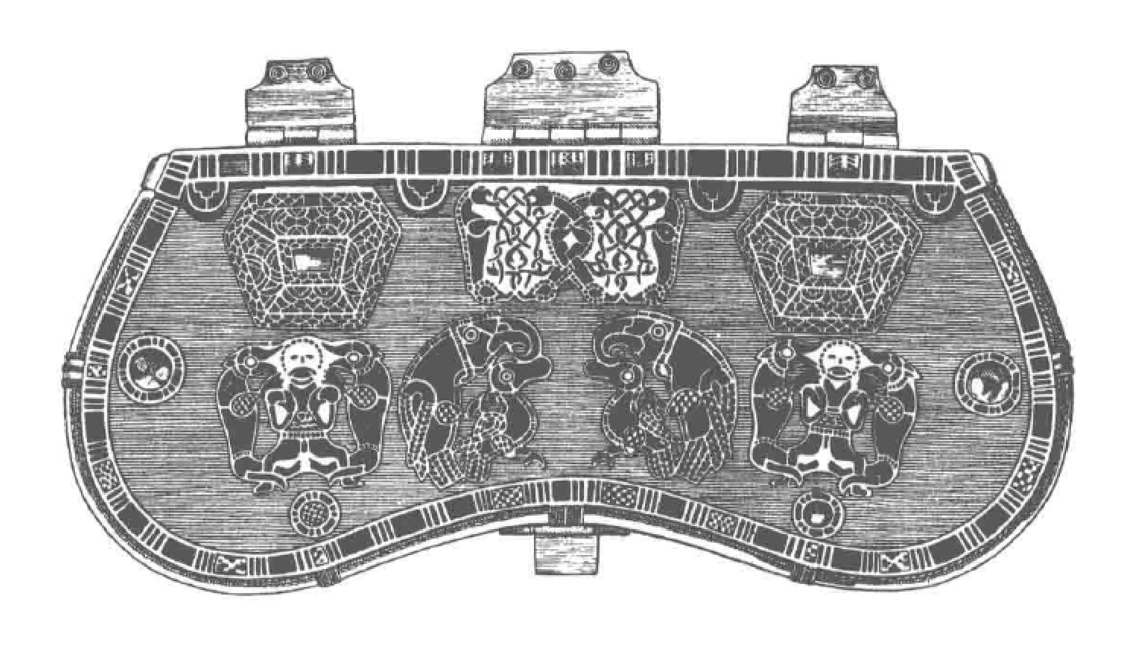


图 414　钱袋衬板，出自萨顿胡的沉船。
由金、象牙、石榴石、千花玻璃制成。7 世纪。

磨。如今，东方地区制作的廉价镶嵌品采用褪光工具使其表面粗糙，然后再将单层或多层金片或金箔锤打在器表。

自 13 世纪以来，在波斯、阿拉伯和印度生产了许多精致的镶嵌品，纹样通常是用刻刀在器表雕刻而成。工匠用凿子挖出对应每块镶嵌品的凹口，凹口的中央部位一般可以保持原来的深度，再把用以镶嵌的金属物片切割成形，使用薄而平头的冲头（其切面往往是三角形的）将金属物片的边缘压入事先挖好的空槽内，冲头连带冲压到周边金属的表面以咬合镶嵌物。如果精工细作，工艺品可以经得住几百年的磨损和清洗。一些产自阿拉伯和波斯的黄铜和青铜制品，用金银镶嵌图案、纹饰、装饰和铭刻，展示了极高的工艺水准。卢浮宫的圣路易圣洗池正



图 415　圣库思伯特十字架。
由金、石榴石和贝壳构成，687 年与圣库思伯特一起下葬于达勒姆。



图 416　圣路易圣洗池的局部。
展示了金银的镶嵌物和脱落部分的凹口，底子是黄铜制成的。约 1290—1310。

是这种工艺的经典作品之一（图 416，图版 32B）。

用焊锡填充凹口或者将镶嵌板焊接固定，这是确保镶嵌物牢固性的另一种方法。熔化在凹口的乌银仍然非常牢固，制备凹槽时会使用平头弧口凿进行"震颤"处理，使其表面粗糙，弧口凿在向前推进的同时来回摇晃，刻痕呈典型的之字形。这种纹饰见于公元前 8 世纪的希腊发簪或别针，证明在早期青铜工具尚未使用时，钢制工具已在使用了。

伊斯坦布尔（君士坦丁堡）的圣索菲亚大教堂（自 1453 年起成了清真寺，现为博物馆）有着中世纪早期众多青铜制的最古老且最精美的教堂门。这些门制作于 9 世纪，门框装饰精美，四周环绕着模铸浮雕，并交织镶嵌着银制的字母。其他精美的青铜门还见于德国的美因茨、希尔德斯海姆和科隆，以及意大利的阿马尔菲、卡西诺山、罗马、萨莱诺和威尼斯。有些门装饰着人物和纹样浮雕，有些门则装饰着乌银或银制镶嵌物。福贾附近蒙特圣安杰洛的教堂由潘塔莱奥内（Pantaleone）家族所捐建，教堂的门有 24 块图案镶板，用乌银和银镶嵌，雕刻的线条填满了乳香脂，具有黑、蓝、红和绿等色彩。

454

在萨顿胡窖藏中，有许多珠宝镶嵌在结构奇特的金嵌丝珐琅上。纹饰由成形的石榴石镶片组成，纹样多为相互缠绕的龙纹，以金为底板。在外表上，当石榴石磨制成形之后，就将一小条金丝缠在石榴石上，做成镶嵌底子，镶嵌面朝下对着薄金片的盘丝焊接固定。紧接着，金片中位于盘丝之内的那部分被切掉了。这时从前面来看，纹饰以金

455

背景为特征，背景上分布着根据石榴石龙纹所需而制作的形制不一的穿孔。从其背面来看，可以看到盘丝紧紧环绕着每一个穿孔。然后，另一个金片焊接在背部用作镶嵌珠宝的基础。在嵌入石榴石之前，一片带有棱锥体浮雕组成的菱形图案的金箔被置入每个穿孔的底部，以使石榴石增辉。在肩部别针里，细工饰品与石榴石工艺相得益彰（图 417）。

维也纳帝国宝库中的王冠（图 418）曾经被称为查理（Charlemagne）王冠，可能最初是戴在了奥托大帝（Otto the Great）的头上（962 年），后来又为康拉德二世（Conrad Ⅱ）的加冕典礼（1027 年）而改作。这是一顶金质的八面圆顶王冠，顶部呈圆拱形，合页连接着前后两面，其上带有一个十字架。王冠的四面带有大型嵌花珐琅饰板，上面装饰的人物形象描绘了众天使、国王以及先知围绕着基督。除这些饰板以外，整个王冠布满了抛光精美但未进行切割的蓝宝石、绿宝石、红宝石和珍珠，在高镶嵌底座上相映生辉、光彩夺目。



图 417　萨顿胡沉船中的肩部别针之一。由金制成，装饰有石榴石、千花玻璃、细金丝等。7 世纪。



图 418　相传是查理大帝的一顶王冠。金材质，饰有珐琅、珠宝等。10 世纪。

13.3 武器装饰

自欧洲铁器时代开始，尤其是哈尔施塔特（Hallstatt）时期（约公元前900年），青铜武器偶尔会镶嵌铁。众所周知，此后的无数武器镶嵌的是金或银。有些罗马铁剑镶嵌黄铜。在诺森伯兰的南希尔兹发现了2世纪的一把铁剑，装饰着焊接纹饰（边码457、边码458），剑身一侧的两个徽章之间有一个战神马耳斯的小雕像，另一侧则为罗马雄鹰。

456

长期以来，生产适合制作武器的钢材一直是一个重要的冶金问题。铁剑太软，影响杀伤力，必须进行表面硬化处理，淬火后变成有用的钢铁武器。因而，在古斯堪的纳维亚的英雄传奇中，一位英雄发觉“熟铁剑在重击盔甲时不具穿透力，他必须常常在脚下用矿锻打直它”[1]。这个传说表明，软铁武器的杀伤力不及青铜武器。斯堪的纳维亚武器用泥炭铁矿进行锻打，这种矿可在低温下熔化，但磷的含量较高，结果铁质非常之软。因此，北方武士一直在寻求改进办法，常常给武器起名字，并将其归功于神和巨人的本领。尽管铁匠们自诩拥有高超的技巧，但实际上只有少数工匠掌握了夹钢工艺，大部分精良武器都来自远方，真正的来源似乎很少有人知道。拉丁作家高度赞扬诺里库姆所产的高质量的铁，包括施蒂里亚、卡林西亚及其相邻地区。剑也来自莱茵河中下游日耳曼境内罗马化的地区，自6世纪法兰克帝国统治时期，剑身的生产和出口就是当地的支柱产业。

457

为了制作优质的武器，铁匠需尽其所能提高铁的质量，如锻压、焊接、加热、淬火、锻打，直至认为得到了经久耐用的材质。在锻造出一件高效武器之后，工匠还得进一步装饰剑柄、剑鞘、饰带甚至剑身。剑身装饰着钢条，或者缠绕或者平整，焊接在剑身的每一侧。英雄传奇中说，蛇纹顺畅地沿剑身而下。裴欧沃夫（Beowulf）的剑为铁刃，“以毒枝为纹，用战火和鲜血硬化”[2]。汪达尔人的一位国王赠给当时的意大利君主狄奥多里克大帝（Theodoric the Great，489—526）

的剑身比“金子还要珍贵”，上面布满小蛇纹，钢剑闪烁着五颜六色的光芒[3]。

在日德兰南部的尼达姆发现了 90 把铁剑，武器纹样里能够看到它们所装饰的扭曲或盘绕图案是锻造的。有些铁剑显示，一条中心嵌条由四根扭曲的杆或者多束平展的丝组成，彼此平行，纵贯剑身。每隔一根杆向右扭曲，其他则向左扭曲。另一把剑则有两束或两根线条贯通中央(图 419 左)。



图 419 （左）来自哥本哈根附近尼达姆沼泽的一件“花样焊接”钢剑的断面。(右)花样焊接的实验品，焊接前的状况。

铁匠无须费力就可生产出厚约 1/100 英寸的铁条，只要锤薄或敲平长度相似的细铁条就可。他可以用铁剪截取所需的窄条，每条宽约 1/8 英寸，也可以不去处理如此多的零散铁片，而将宽约 3/8 英寸的铁条纵向叠成几层。他会用两个钳子紧紧钳住铁条，保持间距约 1 英寸。把铁条束在钳子之间扭成所需的样子后，还要继续把钳子移动到下一个位置。当每束铁条都扭曲完成，有时会把它们焊接在一起，沿纵向隔开，一些这样制备好的铁条被放置并焊在剑身两侧的中心部位。图 419(右)就是制作“花样焊接”剑身的一次现代尝试，照片是在焊接前所拍摄的。

458

这些剑的花样焊接操作难度极大，可以视为大马士革钢的前身。

13.4 珐琅制作

珐琅制作就是将玻璃质材料熔化在金属底子上。大体来讲，珐琅是一种柔软的玻璃化合物，由燧石或砂(约 50%)、红铅(约 35%)以及苏打或钾碱(约 15%)混合制成。当这些物质熔化在一起时，便形成一种几近无色的熔化物，通过加入某些金属氧化物可以使其增

色（边码312—314），搅拌后浇入直径为数英寸的板材模中。使用时，将其打碎并放入臼内掺水研磨成粗粉状，充分冲洗以去掉任何异物和珐琅本身的细微颗粒，因为在焙烧时，异物和珐琅体内所滞留的空气会产生气泡，从而削弱珐琅的光泽。粉状珐琅必须保持湿润。底子可以是金、银、红铜、青铜或（如今是）铁。为了制作嵌金属丝花纹或镂雕的制品，可把不同的粉状珐琅紧紧填入空隙并抹平，彻底干燥后放在熔炉内焙烧直至其熔化。焙烧之后的珐琅表面极其光亮，紧紧地附着在金属上。如果表面有缝隙，应填充更多的粉末再进行焙烧，然后重新磨平，并通过再次焙烧或摩擦进行二次抛光。

早期珐琅制品放在敞开的陶钵内，直接置于木炭炉内焙烧，或者如特奥菲卢斯（边码351）所述，上面用有孔的铁碗覆盖[4]。木炭堆积在它上面燃烧，直到珐琅熔化。冷却之后，用利器去掉瑕疵，加入新的粉末，然后再次焙烧。

459

虽然苏美尔人将彩色宝石镶嵌入金器或银器，埃及人把玻璃和陶器碎片粘贴在珠宝上，但是最早的、真正意义上的珐琅制品——熔化在制珐琅用的金属嵌丝之中的——产于迈锡尼晚期（约公元前1200年）。这是6枚金戒指，出自塞浦路斯旧帕福斯（库克利亚）的一座墓葬，上面装饰着珐琅圆粒（图420）。每个圆粒四周环绕着金质嵌丝，固定在一个镶嵌底座上。在嵌丝分布的局部，最初用玻璃碎片覆盖，其中最大者有1/8英寸。釉面上排列着花卉纹样，大概是用胶粘贴的。类似的玻璃碎片嵌入缝隙之间，显然玻璃并未被研磨成粉，因为不同色



图420　迈锡尼金戒指。
带有嵌金属丝花纹的珐琅。塞浦路斯的库克利亚，公元前1200年。

彩的部分是截然分开的，一种颜色并未渗入另一种颜色。接下来，整个圆盘进行焙烧，表面要经过打磨、抛光，然后镶嵌在戒指的镶嵌底座上。

已知的珐琅制品中，只有几件是早于公元前6世纪或前5世纪的希腊珐琅。这类制品的一个较晚时的很好例证是一根金色的权杖，带有一个科林斯式的柱头，出自他林敦（图421）。它的手柄布满了菱形的金属丝，在菱形网的每个角上都焊接着一个挂着珠宝颗粒的金属丝圆环，每个圆环带有一丝蓝色的珐琅，充满着神奇的魅力。迄今发现的早期珐琅制品的珐琅部分很小，似乎在模仿彩石镶嵌，例如图坦哈蒙（Tutankhamen）第三具棺木上的珐琅工艺。



图421　一根金色权杖的杖首。出自意大利的他林敦，一端是用绿色玻璃制成的榅桲。（下）覆盖在权杖上面的珐琅化的金网的细部。公元前3世纪。权杖长20.2英寸。

在西方，受到凯尔特工匠的影响，使用小珊瑚片来装饰的方法逐渐被采用少量的珐琅块来装饰所取代。出自泰晤士河畔巴特西的著名青铜盾（图422），反映出凯尔特工匠对纯粹线条装饰的兴趣，但它曾经被误认为是珐琅制品。它的红玻璃的彩色圆盘只是铺垫在孔内，而不是熔化进去的。红珐琅最初通过氧化亚铜来得到红色，蓝、黄、绿等颜色则是在1—2世纪增加的，可能是受罗马的影响所致。从格洛斯特郡伯特利普出土的精美铜镜（图423），再一次展示了凯尔特工匠对线条情有独钟，手柄上的一缕红珐琅与金黄色的青铜器相映生辉。

在欧洲大陆西部和不列颠发现的众多罗马饰针和装饰品，均镶嵌着镂雕珐琅。拉奇（Rudge）杯就是一个重要的例子，它的器身带有铭文，包括罗马长城各站的地名，还有长城的浮雕像，颇具现代韵

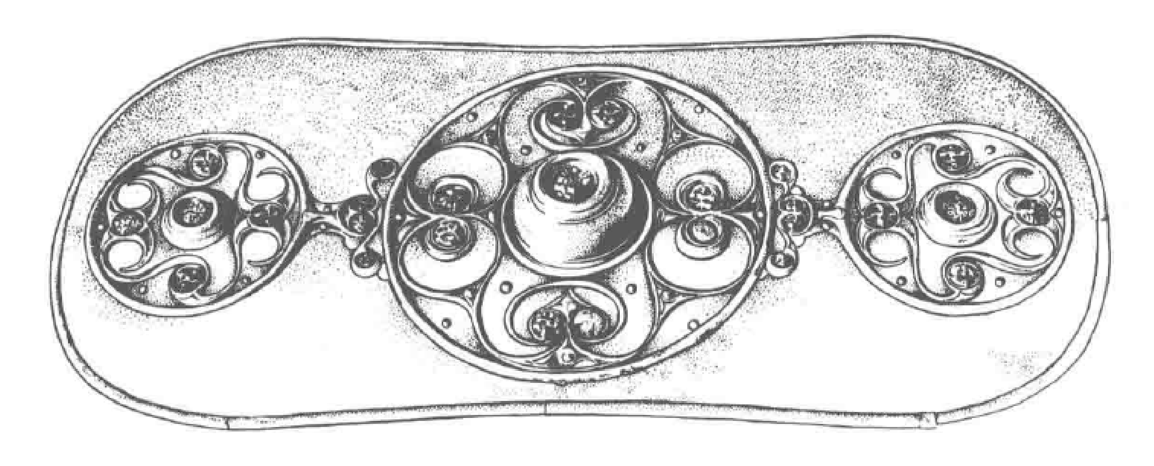


图 422　凯尔特人的青铜盾。
装饰有红玻璃，发现于泰晤士河畔的巴特西。1 世纪。

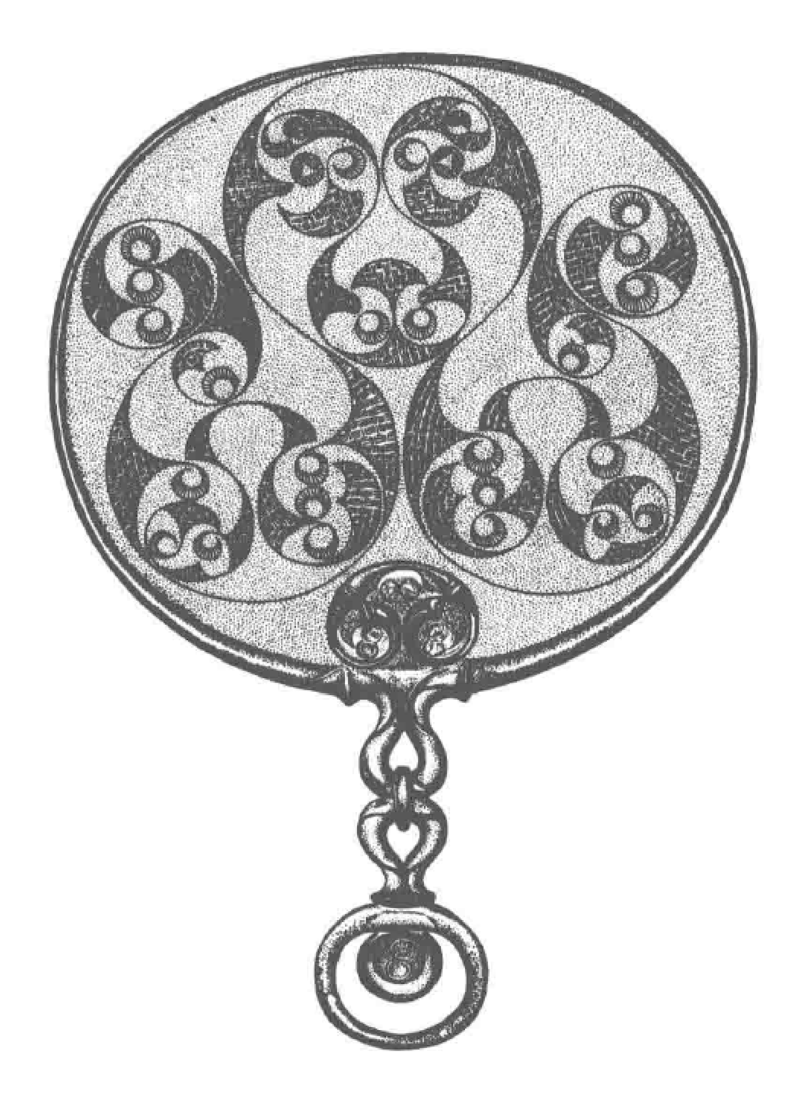


图 423　凯尔特镜子。
珐琅青铜制成，出自格洛斯特郡的伯特利普。

味。苏格兰厚重的青铜臂钏继承了镂雕传统，装饰着红、黄珐琅。在盎格鲁－撒克逊吊碗上，可以看到一种新颖、美丽的花卉纹样，萨顿胡沉船宝藏（图 424）中就有若干这种精美作品。

图 424　吊碗的底部。出自萨顿胡的沉船，有珐琅和琉璃工艺装饰。7 世纪。

根据金属底结构的特征性差异及其与玻璃质覆盖物之间的关系，我们可以把所有已知珐琅归为下列几类：

（ⅰ）**嵌金属丝花纹的珐琅制品**　粉状玻璃被放入单独的孔穴，孔穴用狭长的金属条或金属丝制成。焙烧时，珐琅紧紧地附着在底子上。如果没有底子，珐琅呈半透明状，这样的制品则称为镂花搪瓷（plique-a-jour）[1]。现存南肯辛顿的一只出自 14 世纪勃艮第的珐琅杯，就是这种工艺的一件佳作。

（ⅱ）**镂雕珐琅**　珐琅填满金属底座的孔穴，孔穴是用凿子挖凿出来的，或在器身上雕刻、冲压、铸造而成。

（ⅲ）**浅浮雕珐琅**　属于（ⅱ）类的一个分支。纹样雕琢或雕刻成低浮雕，低于底子的原始平面，然后覆盖一层半透明的珐琅。透过珐琅，器表下面的纹样清晰可见，上面所覆盖珐琅颜色浓度的渐变可以反映出浮雕深浅的变化。

14 世纪早期的两个非常著名的杯子就是浅浮雕珐琅的最佳见证（图 425，图版 33）。其中一个杯子装饰着描绘圣阿格尼斯（St Agnes）生活场景的画面，一个弯曲的陈列支座托着金盘，用凿子之类的工具在金盘的正面修整出一个面以待珐琅覆盖。整个画面低于背景，是一件精雕细作的低浮雕佳作。在金盘表面的某些地方，用凿子或者用带

1　即“开式褶边”。

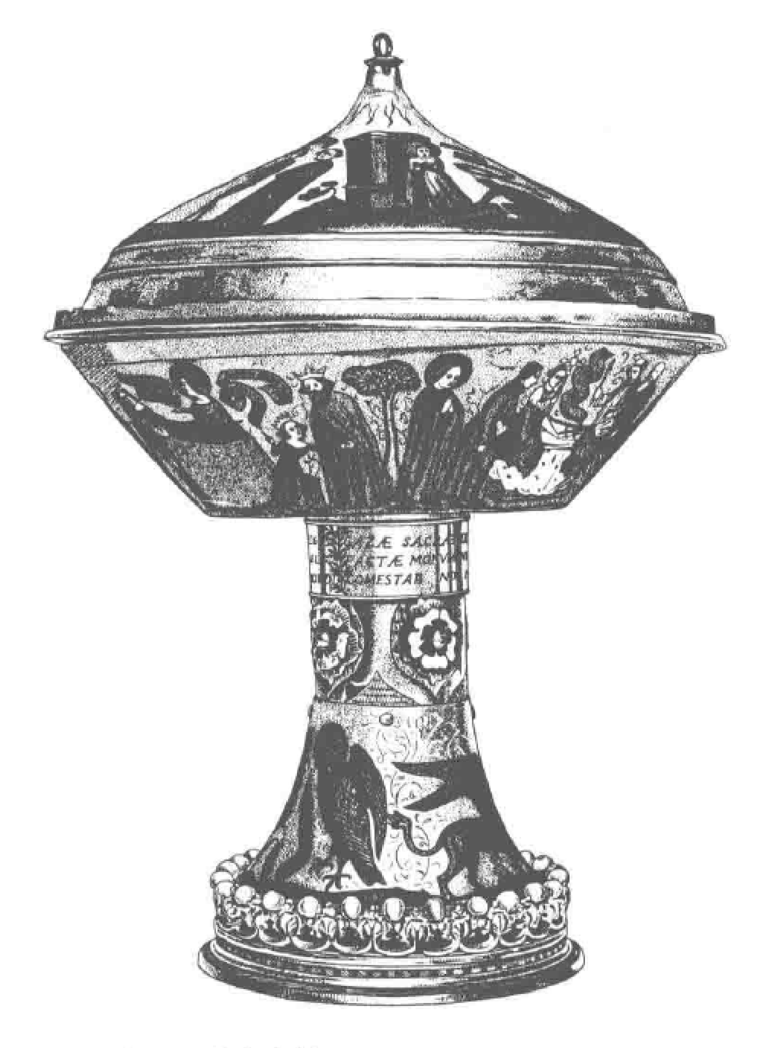


图 425　皇家金杯。
装饰有浅浮雕珐琅。1350 年。颈部的两个箍是后来加上去的。

462

凿孔的凿子斜切出表面光滑的小面，然后用不同色彩的珐琅填充凹面，靠在一起。焙烧并抛光之后，珐琅完全填满了凹面，凹面的上部与底子齐平，金器上的色彩显得格外耀眼，点状菱形纹给素面的金底子也增色不少。浅浮雕珐琅的另一个例子就是下文将要述及的金斯林杯（边码 463）。

（iv）**镶饰珐琅**　这是第二类的又一个分支。可用镶饰珐琅覆盖，采用凸纹或凹纹技术从金属片锤打出人像表面，或者装饰不规整的面，例如杯子的底座或戒指的肩部，也可以用来装饰一个金属铸件。

（v）**着色珐琅**　它们构成第三个主要类别。此类产品自 15 世纪下半叶以来一直在大量生产，因而超出了本卷的范畴。在这里，只要

提到这个名称就够了。

人们也在不时尝试上述方法之外的其他办法。例如，君士坦丁·莫诺马库斯皇帝（Emperor Constantine Monomachos，1042—1054）的皇冠上镶有珐琅人像，素面的金底子装饰着嵌金属丝花纹的珐琅。工匠用刻刀向下挖凿，把人像占据的部位弄成凹面，低于底面约1/16英寸。在凹面内，工匠用金属嵌丝排列成人像，然后填满珐琅。11世纪的法国孔克的圣富瓦宝藏的一个可移动祭坛，就采用了这种方法的罕见变体。这里的材质是铜，分为紧密联结的两层，上层镂空成所设想的器物轮廓。在形成的凹面里，金属嵌丝固定在下面的盘上，孔穴内填满珐琅，然后焙烧、抛光，铜的所有露出部分都镀金。

从审美角度来讲，镶饰技术有助于做出完美的纹饰，这是因为用于镶嵌珐琅的凹面挖凿好后，所形成的金属造型不必像嵌金属丝花纹制品所要求的那样狭窄或等宽，而是可以任意沿单向延伸。底子通常镀金，形成纹饰的重要组成部分，珐琅区域成为金属的装饰而非附在金属上的增添性装饰。在瓦朗斯的镀金铜珐琅首饰匣上（图426），可以看到珐琅区域与镀金底子十分和谐。另一个例子是采用了浅浮雕珐琅工艺的金斯林杯（图版33），这是英格兰最早的一件大口餐具（约1325年），且可能是现存最精美的杯子。它是镀银的，并带有深蓝色、绿色和紫色珐琅。每个嵌板的珐琅部分之间，有的地方留有大块的金属，从而把整个纹样维系在一起，强化了和谐一致的效果，这是用嵌丝珐琅不可能做到的。 463

13世纪及其后的利摩日珐琅首饰匣和圣物箱的一个特点是，工匠习惯于采用凸纹技术给镶饰珐琅的平面人像安装一个高浮雕人头。它不同于雕塑家的浮雕，平面的变化较为平缓，但给素面的器表增饰了对比鲜明的效果。头像本身镶饰珐琅较为罕见，例如威尼斯圣马可图书馆11世纪的书封上的圣米歇尔（St Michael）人像，这座人像及其 464

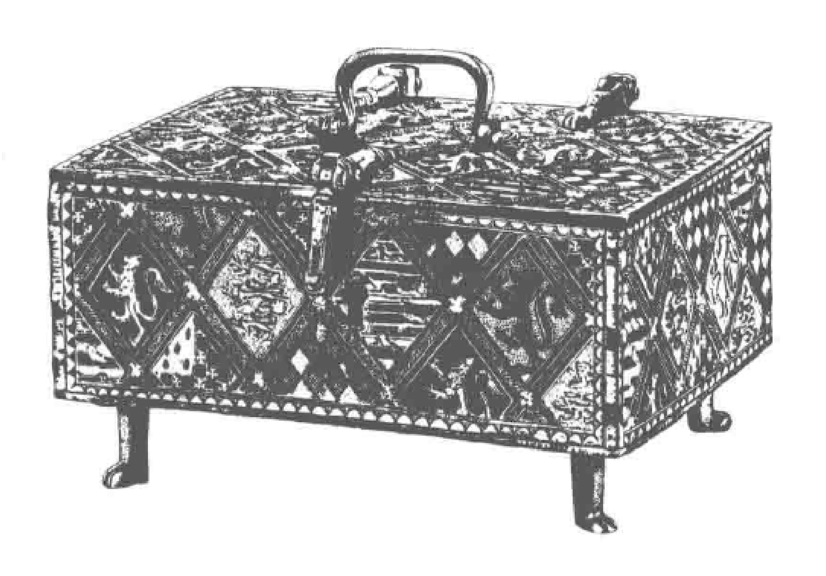


图 426　瓦朗斯的首饰匣。
具有镀金的铜和镶饰的珐琅材质。1290—1296。高 3.75 英寸，
宽 7 英寸。

头部为金压花，且二者均用珐琅包裹。

此后，另一种珐琅技术得到了发展。在小巧的玻璃团花上，雕刻着狭长的沟槽和孔穴，周边镶着金箔，边缘突出表面并形成别致的嵌丝，里面填满珐琅并焙烧，最后进行抛光。这样一来，装饰效果变得十分考究。

在爱尔兰，人们采用的是一种类似技术。在阿达高脚酒杯（图版 32A）上，配以银质或其他材质的圆盘，盘面上是五光十色的玻璃凸饰，圆盘凹进以形成图案。在这些镶饰上切出的空白处，用色彩对比的珐琅填充。

缠绕的金属丝曾被用来增饰珐琅块面的边沿，因为素面嵌丝似乎显得苍白无力。再者，由于珐琅的底面通常被遮盖，因而颜色显得无关紧要。不过，有一些珐琅制品可能是用作挂饰，其两面均有装饰。

拜占庭早期最为重要的珐琅制品，也许是在罗马的至圣所祭坛下发现的一件小巧玲珑的金圣物箱十字架（图 427）。它的侧面带有用红珐琅镶嵌的铭文，正面有五幅嵌金属丝花纹的珐琅画板，象征着耶稣诞生、伯利恒之旅、东方三博士朝圣、教堂中的奉献礼以及洗礼，颜色有红、橘红、暗红、淡紫色、蓝色、黄色、白色和黑色，背景是半

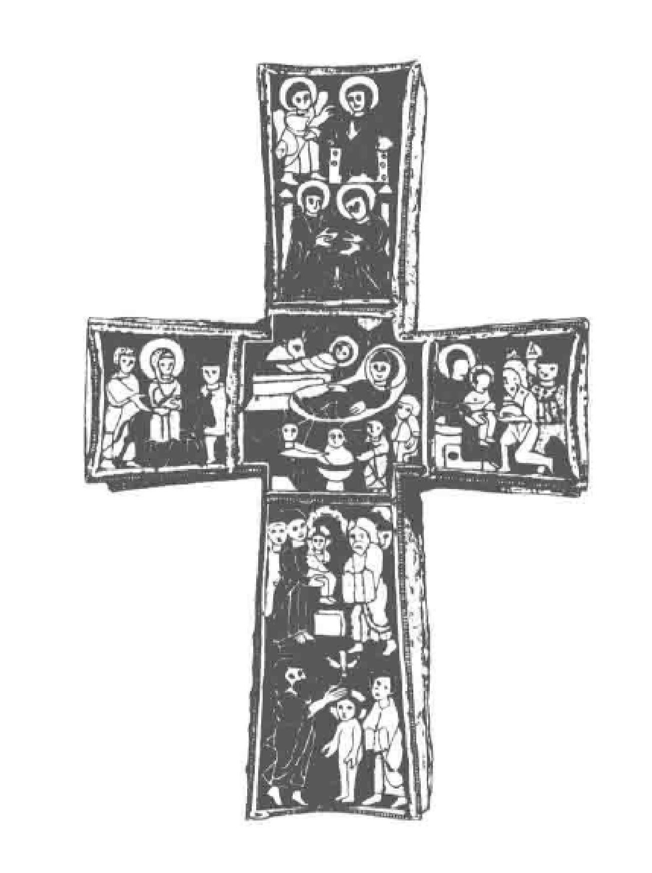


图 427 罗马圣彼得至圣所的金圣物箱十字架。金和珐琅制品。6—7 世纪的拜占庭工艺。

透明状的珐琅。无论是人像质朴但富有表情的刻画、连环画式的风格，还是其他艺术特色，均显示出东方风味。这个十字架大概在 6—7 世纪制于安条克或亚美尼亚，是从基督教东方世界向罗马输出的最早的嵌金属丝花纹的人像制品，当时西方工匠仍在用镶嵌石头和镶饰珐琅纹饰装饰他们的工艺品。

1693 年在索默斯特牛顿公园发现的阿尔弗烈德珠宝（Alfred Jewel，图 692）是金制的嵌有金属丝花纹的珐琅半身人像。珐琅被一层水晶所覆盖，边框的四周刻着一圈铭文“AELFRED MEC HEHT GEWYRCAN”，意为“阿尔弗烈德命我制作”。下面是颗粒纹样装饰的猪头，其下覆盖着一层镂刻的花卉纹样。猪头尽头为一个小孔，大概用来插可用作阅读文稿指示棒的象牙或金制的短棍。这一制品显示出强烈的拜占庭影响。

同样具有拜占庭特征的还有贝雷斯福特—霍普镀银十字架（图 691），大约是 8—9 世纪的作品。基督和圣母玛利亚人像以及圣徒的半身像是在金面上的嵌金属丝花纹珐琅，绘图及工艺十分粗糙。拜占庭珐琅工艺的另一个非常重要的例子是一件圣物箱，它曾收藏在奥本海姆艺术馆，现存于纽约大都会博物馆。

拜占庭工匠的许多金银制品与彩石和珐琅密切相关。一般来讲，它们的造型都十分小巧，大概是因为这样易于保存。有时制品形体较大，例如祭坛的正面或背壁，但细部仍然很小。威尼斯圣马可祭坛的



图 428 一个拜占庭圣餐盘底座上的圆形器物。嵌金属丝花纹珐琅。出自威尼斯的圣马可教堂。

背面就是这样，由许多金底嵌金属丝花纹珐琅板组成，边框装饰十分精致。这些制品年代跨度从 10 世纪到 15 世纪不等，大体风格为有无数的小面，金光闪闪、绚丽多彩。在罗马的克切里阿诺（Kircheriano）博物馆，有一件镀金铜珐琅板，大约 2 英尺高，带有基督的立像，可能是 12 世纪的制品，工艺不同寻常。十字架的光轮用珠宝、珍珠镶边，足下有一圈彼此交叉的圆环，每个圆环包括一片绿叶和红珐琅。威尼斯圣马可宝藏中有一个 11 世纪的玛瑙高脚杯，具有嵌金属丝花纹珐琅底板、珍珠边框以及挂饰（图 693)，是这一时期工艺的典范。在这批藏品中，有相当数量的高脚杯是 1204 年君士坦丁堡被洗劫之后得来的，嵌金属丝花纹珐琅圆形器物（图 428）则是一件 10 世纪玛瑙圣餐盘的底座。值得注意的是，这一制品的空白并未用珐琅完全填充。

467

中世纪时期，欧洲的珐琅工艺中心在法国中部的利摩日以及莱茵河和默兹河流域，法国北部、西班牙、英格兰以及意大利也制作珐琅。最初的时候，珐琅艺术仅局限于修道院作坊。但是，随着需求量的日益增长，人们开始用比金子低廉的材质生产大型制品，那就是镀金的铜。这样，珐琅工艺在世俗的工厂形成了一定的商业规模。不过，珐琅工艺与教堂礼仪始终关系密切，包括十字架、权杖、圣坛、圣物箱、福音书封以及香炉。世俗的珐琅制品包括烛台、婚礼箱以及带纹章的家具。

468

此后，珐琅工匠的兴趣从用铜做镶饰转向用银做浅浮雕。通过正面雕刻形成许多小饰板，所有饰板或者饰板的局部被珐琅所覆盖，从

而使人物及其衣饰得到充分彰显。蓝色和绿色珐琅用在银器上通常十分恰当，焙烧技术纯熟之后，工匠们也学会了着染红珐琅。技术上的变化并非局限于某一个中心，因为正如他们的兄弟同行石雕匠和铸钟匠一样，珐琅工匠携带工具四处漂泊。

13.5 压花制品

“压花”这个术语通常指用锤子和冲头对金属片进行加工而制作出的装饰性制品。器表应该曲折变幻，以便从不同角度捕捉光线。装饰品的局部可能是低于其他部分的低浮雕，并渐次淡入，与背景融为一体。压花不应与底子截然分离，应与器身浑然一体，只不过其表面被锤打，能变幻光线——这是金属制品自身的装饰，而不是对金属制品的附加装饰。

器表翘起可以是最简单的一种，例如沙乌斯（法国）的细碗（图 429）。一块平展的金属皮也可以用技艺纯熟的图案或花纹浮雕装饰，例如某些法国或意大利晚些时候的饰板。而且，主题可涉及纯线条制品，如著名的凯尔特“巴特西盾牌”（图 422）。压花这个术语也可适用于孔克的圣富瓦（St Foy）人像，由一块金皮经锤打、冲压及雕凿制成圣像的头部及身体，然后用钉子钉在木芯上。有时人们也会制作更为精致的作品。例如，米兰圣安布罗斯教堂大祭坛正面就有浮雕状的人物板和嵌金属丝花纹珐琅镶边，均完成于 835 年之前。另一件同类型的重要作品是亨利二世（Emperor Henry Ⅱ）在 1019 年赠给巴塞尔大教堂的金制祭坛的正面，在印花镶边的建筑背景上装饰着高浮雕人物。

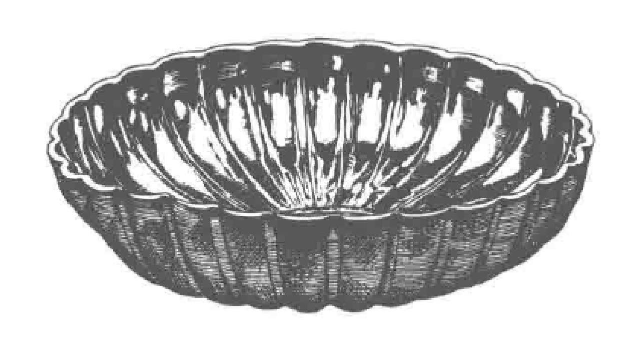


图 429 罗马银碗。
出自法国埃纳省的沙乌斯。直径 7.2 英寸。

所有这些作品都体现了一个宗旨，那就是工匠通过明暗色调

以及简单的线条与大的团块形成对比，从而制作出有趣的纹样。为了增强明暗色调的效果，工匠甚至会用凿子把原本平展的表面雕出许多小波纹，就像金斯林杯的器表一样（图版 33）。这种雕凿的效果是，当观察者俯视树木的根茎时，光泽仿佛在表面上波动，十分耀眼迷人。

对压花制品而言，锤子的形状远不如其重量重要，尽管生产精细制品时通常使用直径大约 1 英寸的平头轻便小锤。工匠可能拥有数百件工具，然而只用其中二三十件就足以胜任大部分工作。这些工具包括绘图工具、凸饰工具和雕凿工具等三个基本类别。绘图工具是一系列宽度不一的钝头凿子，用来大致形成或产生一个窄槽。凸饰工具的形状各异、大小不一，但都有一个圆圆的工作面，用来做出从底子突起的凸饰。雕凿工具同样也是形状各异、大小不一，但通常它们的工作面平展、光滑，虽然其刃部可能有点圆。

除了上述三类主要的冲压工具之外，压花工匠还会用到成套的数字和字母冲头、产生不同纹理的褪光工具，以及环纹和星纹冲头等。在制作压花或雕凿金属时，通常用粗糙的木头托盘来支撑，盘深 1 英寸，里面盛满沥青。有时用半球形铁碗，直径 9 英寸、厚 1/2 英寸，内盛沥青，重达 20 磅，放在皮环或盘绳上，可以颠倒或随意倾斜，但能保持稳定。碗的重量非常重要，因为如果太轻，在制作过程当中它可能会左右摇晃。

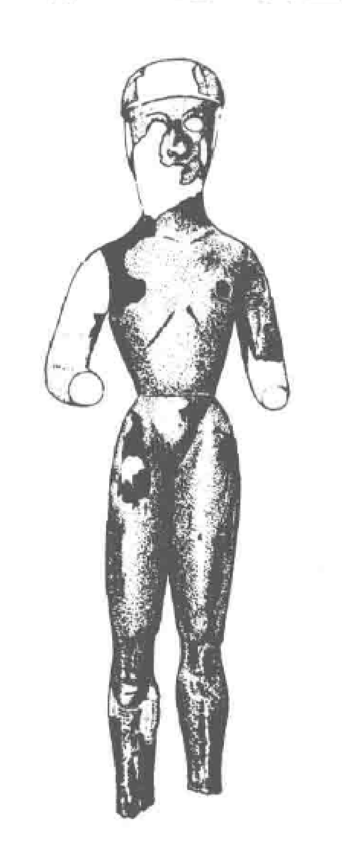


图 430　克里特岛得洛斯“几何形”神庙发现的斯菲雷拉顿工艺制成的人像。约公元前 750 年。

在希腊化的地区，除了小型铸件以外，最早的金属人像都用铜皮或青铜皮制成，并固定在木头支架上。后来的斯菲雷拉顿（*sphyrelaton*）制品用金属皮锤打、雕凿成形，并用钉子或铆钉联接。这些作品很少

幸存下来，但是在克里特岛得洛斯“几何形”神庙的圣坛（图 430）发现了其中的三件（约公元前 750 年），分别是一男二女三个人像。两位女性人像身着朴素的筒裙，前部铆住，身材微具立体感，双臂下垂，铆缝清晰可见，主体部分经锤打而成，犹如中世纪的铠甲。男子人像手臂离身，肘部弯曲。三个人像的头部都只作很少的加工，女子人像的头发可能是用凿子在沥青上加工而成的，所有的手和脚都已经缺失了。据说，采用这种技术制成的金器大多出自伊特鲁里亚遗址。

在希腊及其殖民地，许多如真人般大小或者更大的人像均采用这种技术制成。两个最著名的古代人像，即雅典帕台农神庙的雅典娜女神像和奥林匹亚神庙的宙斯像，均出自希腊最杰出的艺术家菲狄亚斯（Phidias）的手笔，用象牙和黄金制作。他们的衣饰用金片锤制而成，可从框架上卸下。此类中最大的雕像当推罗得岛的巨像（建于公元前 292—前 280），是太阳神赫利俄斯（Helios）的人体立像，全身裸露，肩披从左臂垂至地面。它高达 120 英尺，距码头有 200 英尺之遥，青铜板内置 3 根石柱支撑，石柱外由厚重的铁杆加固。建成 50—60 年之后，赫利俄斯像在一次地震中被震倒在地，膝部变形，身体上部折断，头部与肩部倒在地上。尽管处于倒坍状态，在近千年之内，这座巨像依然是世界奇迹之一，直到 653 年被撒拉森人彻底摧毁。



图 431　出自南俄罗斯的切尔托姆雷克的银花瓶。
希腊作品，约公元前 400 年。

切尔托姆雷克花瓶（图 431）与许多精致的金质装饰品一起出土于俄罗斯南部第聂伯河附近的一座大型古

墓。花瓶高约28英寸，是爱奥尼亚希腊银匠制品中幸存下来的精品，
471 他们富有的统治者当时与邻族希徐亚人交往频繁，希腊化晚期艺术也尚未开始衰落。与花瓶一起出土的还有一件精美的弓套（图432），以精美的人像而著称，由一块长约16英寸的金片制成凸纹，自如的手法表明了对三维浮雕的真正理解。工匠们也许有能力使这件半成品达到锡里斯青铜器（图433）的水平，但由于某种原因，最后的雕琢从未开始，许多纹样仅是初步加工。

在都柏林博物馆有一件早期铁器时代的金发环，金匠试图在表面模仿精细颗粒的效果，可惜缺乏必要的焊接技能（第Ⅰ卷，边码
472 657—658）。在一块很薄的金片下面，他用圆规画出大约50个同心圆，宽约10毫米，每个圆只比下一个圆大0.2毫米。圆圈由无数圆点组成，这是因为金匠把圆规的一个点固定在金片上，从而使金片的另一侧形成一个小凸起。他沿着0.2毫米的间距移动圆规，然后形成第二个小凸起、第三个小凸起，依次类推。他从圆圈到圆圈，不断移动圆规，直到整个面布满圆点。数以千计的小凸起使得金器表面如同开满了花朵，金匠正是用这样的金片来制作发环。

到公元前5世纪初，希腊工匠像早先的亚述人一样开始制作青铜盔甲，直接用青铜锭锤制成胸甲、胫甲以及其他装备，青铜锭也可能是由他自己铸造的。铁匠不需要木头或其他材质的模子去使他的制品成形，但他必须是一个熟练的锤工，可以把一块金属片随意锤打成所需的造型，并能很好地装饰它。晚些时期用金属片锤打成的盔甲采用凸纹装饰，它的质量后人从未能够逾越（图433）。

在公元肇始前的几个世纪里，波斯人制作的某些银盘和银碗清晰地展示出压花技术的发展历程。它们的装饰纹样通常为人物和动物，用银片锤打出浮雕纹样，然后裁掉底子。彼此独立的人物或动物排列在厚厚的银碗或银盘上，边缘被锤打或锉平，从而与作品本身浑然一体、天衣无缝。接下来，在其周边刮出轮廓，并使之凹进去，人物或

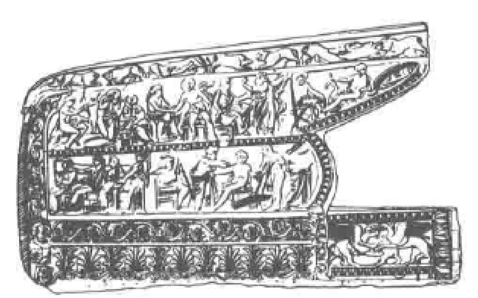






图 432 （上）切尔托姆雷克的金制弓形盒，希腊作品。约公元前 2 世纪。（下）压花工艺的细部。

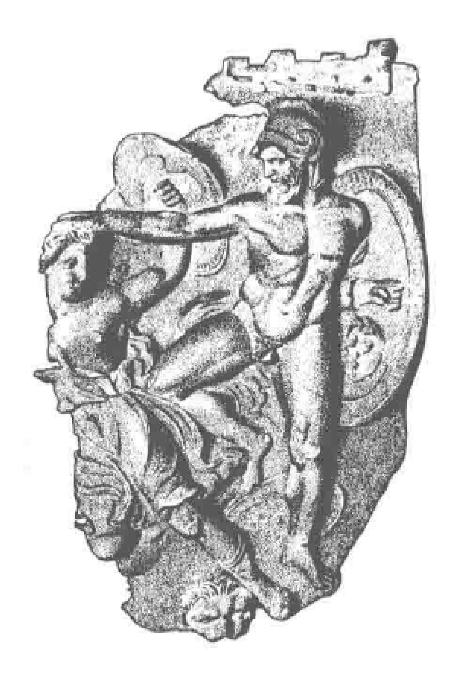


图 433 发现于南意大利锡里斯河附近的青铜盔甲肩部的一块，展示出非常好的压花工艺。公元前 4 世纪。高 7 英寸。

动物的边缘就会在其所处的位置上陷入器表的下方，然后用刻刀在金属周边向内、向下加工，使其紧紧咬合住凸纹镶嵌的边缘。就这样，人物或动物图案以高浮雕的形式矗立在光滑平展的底子之上。

在作为金匠工艺杰作之一的塔拉胸针上，可以看到比例协调、线条优雅的金属铸件与其精美装饰的完美结合，以及多种工艺的应用。金属丝板是焊接在压花金底之上的华

474

丽的金属丝制品，上面装饰着珐琅、雕刻、乌银镶嵌、琥珀以及模制玻璃(图434)。

都柏林阿达高脚杯(图版32A)堪称金属工艺最高成就的代表作之一，大概世界上没有任何作品能像它一样将多种不同的工艺如此熟练、巧妙地结合在一起。这个高脚杯用银与镀金青铜、珐琅、水晶和琥珀制成，在压花上装饰了繁缛的金丝和珠丝，柄部和支座镀有金和青铜，雕刻着繁缛的交连纹样。它的足部是银制的珐琅板以及青铜与金的透雕板，其下为云母板，还有金丝带，用银、铜和金制作，底子为玻璃和琥珀的交连纹样，以及以珐琅为底子的透雕银浮雕。它是9世纪的经典之作，大概比塔拉胸针的年代要早些。

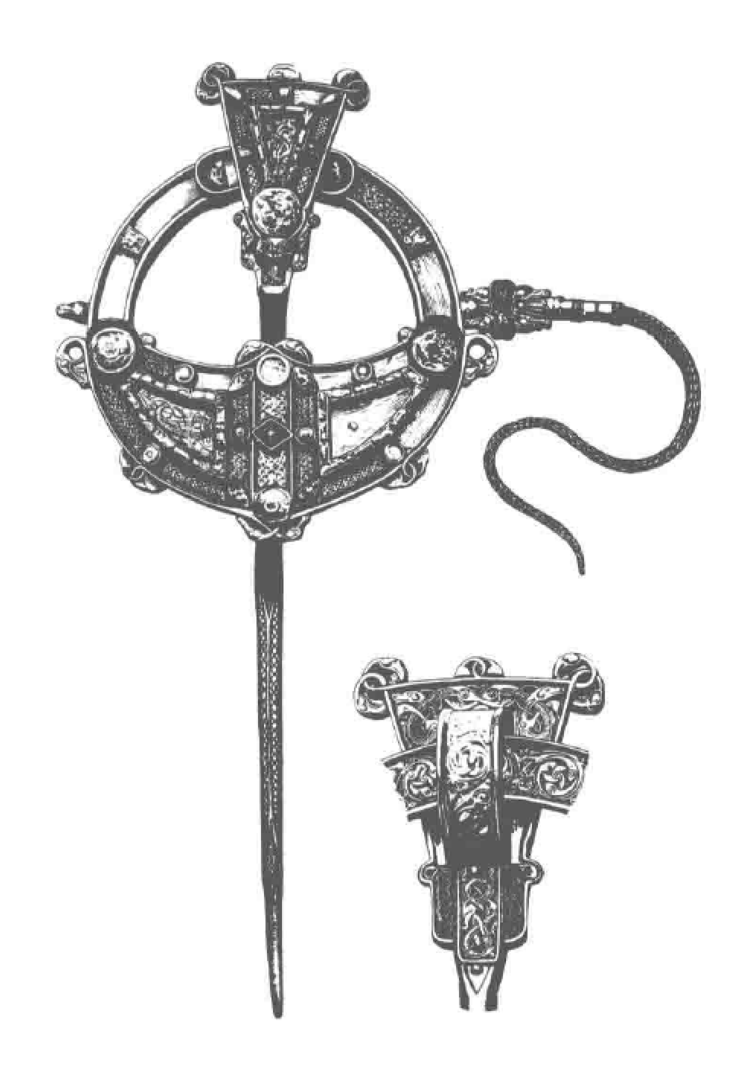


图434　塔拉胸针。出自米斯郡德罗赫兰附近的贝蒂斯镇，9世纪的爱尔兰作品。(小图)作品的细部。

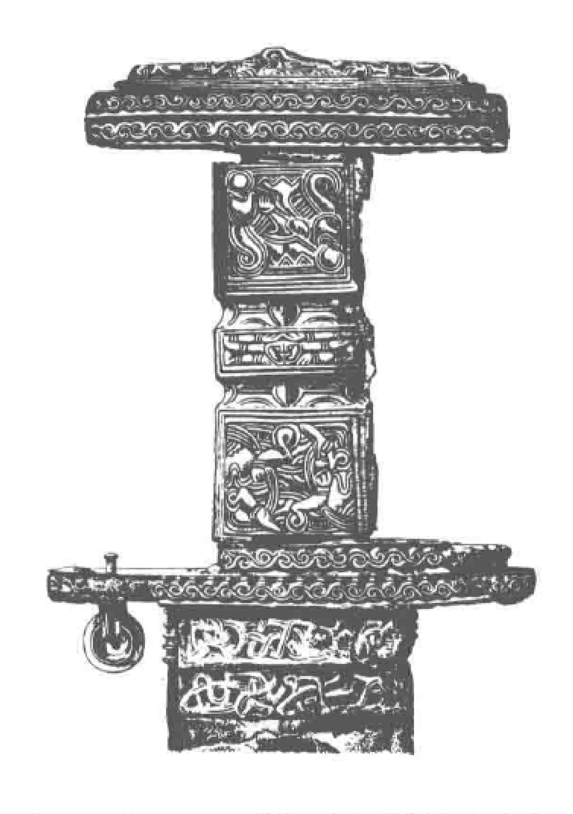


图 435 发现于挪威斯纳特摩的带有银凸纹工艺剑鞘的剑。约 600 年。



图 436 圣帕特里克铁钟圣坛，爱尔兰作品。约 1100 年。高 11 英寸。(下)冲压青铜器与金丝工艺的细部。

产自挪威北欧海盗时期的斯纳特摩剑的柄部(图 435)为银制压花和雕刻工艺。它可与另一柄出自洛雷斯坦的剑(现藏大英博物馆)的精美剑柄相媲美，那把剑的年代属于公元前第一个千年初。

法国西南部孔克的圣富瓦金像似乎由 10 世纪中叶的教堂作坊生产。殉教圣徒像坐在镀银基座上，由钉在木芯上的金片制成，以金属丝装点的带状配饰为底，衣袍上布满了数不清的珠宝。面部锤打成压花金面，并有点状珠丝装饰，双目为蓝、白色的珐琅，头发为压花金饰。头冠由彼此连接的板组成，上面带有拱和鸢尾花形纹章。在珠丝装饰的配带上布满珠宝，且有带蓝、白、绿色的嵌金属丝花纹的金珐琅。足部和垫子均为皮制。基座镀银，在金属丝镶嵌的周边带有 4 个大型水晶球和珠宝。金像的四周和背部装饰着由等臂十字架组成的透雕满花，这是当时常见的纹样。都柏林圣帕特里克铁钟圣坛(图 436)有一个青铜板做成的基座，装饰着带有金丝饰品镶板、透雕镀金青铜

工艺品以及磨光而没有刻面的石头。它的顶部装饰着银质和珐琅制成的精美动物纹样，背部有透雕的菱形十字架，四周刻着铭文。

13.6 金属铸造

早期金属铸造的铸模多为石制或焙烧过的泥模（第Ⅰ卷，边码625及以后）。现代铸造业常见的翻砂铸模直到14—15世纪才为人们所掌握，虽然埃及人一直在使用紧密压缩的砂芯。关于翻砂铸模法的记录最早见于比林古乔（Biringuccio）的《火术》（1540年），目前尚未发现比这更早的证据[5]。古代的工匠随时可以利用当地泥土非常容易地制作铸模，迁徙时则无须携带铸模箱。然而，到了中世纪晚期，家庭日用器具以及其他用具的需求量大幅增长，制铁业规模的不断扩大，刺激了新技术的不断发明，翻砂铸模法在多年冶金经验积累的基础之上应运而生。

从很早的时候起，小亚细亚和埃及的工匠在制作大小不等的铸模以及处理熔化金属凝固方面就已经积累了丰富的经验，希腊人得以幸运地拥有丰富的技术资源可供汲取、借鉴。公元前8—前6世纪的“几何形”青铜马展示了他们的方法。从前面来看，位于马身体之下、腿部之间的空当几乎是一个带有圆顶的楔形，工匠取一块这种楔形干黏土，在上面做马的蜡模，其头部向上昂起，四肢下立，尾巴垂在身后。通常所用的马站立的装饰性底板同时也用蜡制作，虽然有例子表明在初次铸造失败后，可能要重铸一个新的底板。浇口和浇道也是蜡制的并固定在模子上，铸模用普通方法制作即可。

476

在公元前5世纪的铸造方面，一个非常有趣的例子是查茨沃思的阿波罗（Apollo）青铜头像（图437）。当时，真人大小的人像并非用单模铸成（图28），而是不同部分分别制作，然后连接起来，或如查茨沃思的阿波罗头像一样用熔融法焊接。从身体上断裂下来之后，颈部内侧可以看到许多形状不规则的青铜块，这是一部分焊接材料。雕塑

家似乎在铁支架之外裹了一个加工精细的泥芯，为了与铸模连接，泥芯的铁杆一端在制模时贯穿头顶，虽然用青铜塞封，但方孔依然清晰可见。从顶到脚贯通模芯的孔是用来通风的，雕塑家用一层蜡裹在模芯外面，厚约3/8英寸或稍多些。在这上面，他给面部制模，并做出头部与颈部的大体形状，眼部空着，以便镶石头或其他嵌入物。

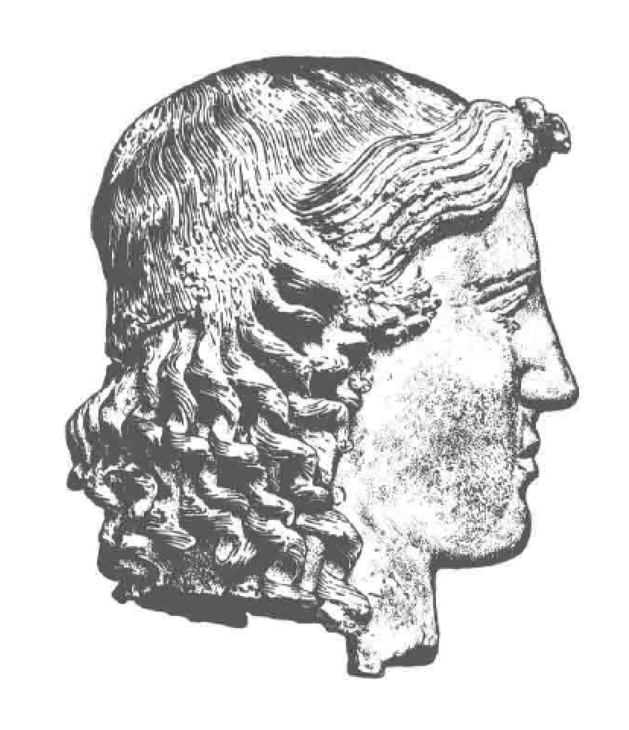


图437　青铜铸造的真人尺寸的阿波罗头像。注意脑后的纹路将平滑的头发分成了多缕，这不完全是用熔焊法制成的。公元前5世纪的希腊作品。

这一制品的最大特征是披在两侧遮住两耳和脑后的发卷。头发卷的某些部分雕塑得很深，这就给雕塑家留下了一个有趣的问题：是将头发卷与头部同时铸造，还是分别铸造后再连在一起？他选择了后者，用蜡绳做出一根根发卷，然后接在头上，把头发的细部修整好，留待用V形尖头凿子在青铜上再做。他从头部剪掉三四绺蜡卷，用青铜浇铸，在安装到雕像头部之前要进行抛光。

雕塑家审视现已剪掉发卷的头部，结果发现如果在头部耳后最宽的部位作一分界线，便可形成一个二分合模，这样易于分离而无须损坏模子。为了暂时把铸模的前后两部分分开，他不采用常见的泥模法，而是沿着线将许多条薄的金属片插入蜡模内，每条薄片大约2平方英寸，这样可以在头顶及颈部底处的每个侧面形成一个壁。在形成蜡制的浇口和冒口之后，他用搅拌均匀的泥制模将粉状的陶或砖混合在一起，或夹杂一些粪便作为黏合剂，把头部以及金属分界线两侧的所有裸露处涂满这种黏合剂。当铸模变厚时，要使用更粗糙的材料。当它厚至约2英寸时，必须将铸模晾干，然后用凿子沿分界线开口、切入。

取出蜡之后，雕塑家修补好铸模的面部缺陷，在封合之前固定一些型心撑——一种锤入的金属片，从模芯或铸模向外突出以免接触，因为表面接触会导致铸件产生孔洞。在早期铁器时代及其以后的许多矛和剑鞘顶部的金属包头之上，常常会看到型心撑的身影。

头部铸成且表面被雕刻后，雕塑家用熔焊技术把发卷附着在头部，在发卷顶部与头发堆之间留下宽约 1/4 英寸的空间或渠道，头发堆还需用新的金属连接，然后在此处形成一个小模，以便高效地通风和浇铸。在每个小渠道的端头之外有一个安全出口，为的是注入 10 磅重的青铜熔液并使之通过小模。大部分熔液能沿渠道从通风口流出，但在流动过程中可能会使头部温度升高并局部熔化，填充至小渠道并使做好的发卷与其所披散的头部表面熔为一体（图 437)。遗憾的是，头部金属的加热不足，连接也不好，过一段时间就会脱落。颈部的青铜厚度大约为 7/16 英寸，这种过分的厚度表明其为早期制品。由于头部包含着部分模芯和许多锈蚀物，因此难以测量整体厚度。在后部形成了一个孔，它只有 3/32 英寸。

478

当一个铸件被通体雕凿之后，流道和通风口的残余以及被单模连接处的铸缝痕迹都要去掉。因此，通常不可能证明一个铸件究竟是采用失蜡铸造法还是单模法。图 438 的米诺斯青铜器“公牛与杂技演员”就属于这种情况。它虽然被反复描述为失蜡铸造的典型例子，但这可能是一个错误。群像是在金属丝支架上取的蜡模，浇口、流道和通风口固定在模子上后，周围就可做成一个由三四块组成的模。这种类型的模不仅能够满足手工剥离蜡模所需的开口，而且能够为铸造者提供一个可靠的方法，以便在浇铸之前对模进

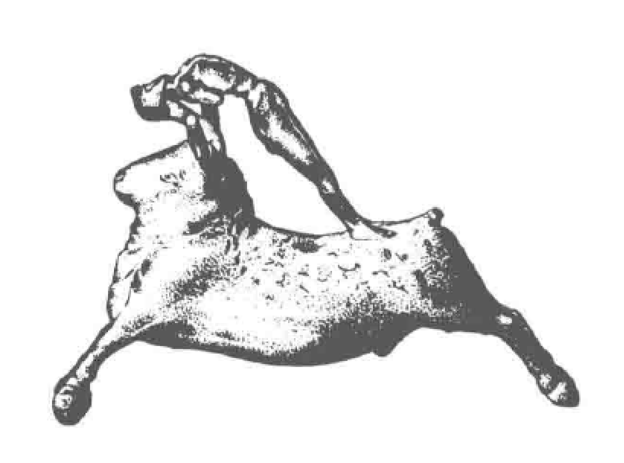


图 438　公牛与杂技演员群像。米诺斯的铸造青铜器。

行检查和抛光处理。

自公元前4世纪起，希腊铸造匠开始寻求另一种方法。他们大概用泥制作头部模子，采用通行的方法做成外模，然后用厚约3/16英寸的薄蜡垫衬铸模，把蜡准确地挤成不同造型。为了保证青铜的自由流动，在插入模芯之前，他们有时附加一些小的蜡桥，从头发到眉毛，跨过头部内侧的嘴唇。这种工艺的最佳例子是出自亚美尼亚萨塔拉的阿弗洛狄特（Aphrodite）青铜头像，现藏大英博物馆。除了蜡桥之外，假如模芯并非首先制作，则在头部内侧可以见到许多指纹。浇铸之后，用凿子把原来的头发模修成发卷。

此后，希腊和罗马青铜器在制作模芯之前，普遍采用这种用蜡垫衬铸模的方法。虽然稍有变异，但这种方法在中世纪及其以后的时期继续沿用。在罗马青铜器中，用来制作如真人般大小塑像的金属厚度通常为3/16英寸，但是在易于承受压力的地方会更厚一些。大英博物馆有一件在法国维埃纳发现的精致银质桶状容器，属于奥古斯都年代，装饰着精美的低浮雕，厚度只有1/16英寸。与此相反的是，威斯敏斯特教堂有两件早期王室雕像，一件为亨利三世（1216—1272），另一件为他的儿媳——爱德华一世（1272—1307）的妻子卡斯蒂利亚的埃莉诺（Eleanor of Castile），它们的厚度大约为4英寸。这些在英格兰铸造的最早的王室青铜像，出自一位伦敦金匠之手，对于如何制作超出当时青铜铸造匠能力之外的产品，他显然向善于操作大重量金属熔液的铸钟匠请教过。

479

在3—11世纪的“民族大迁徙”时期，匈牙利、斯堪的纳维亚以及条顿地区生产了十分精美的铸造金器和青铜器，许多铸件装饰着北欧艺术特有的描绘出轮廓的圆圈或交连动物纹样。人们发现，许多铸造此类制品的铸模通常用焙烧至赤陶般硬度的黏土制成。在奥克尼群岛铸造作坊的废墟里，发现了海盗时期的铸模，从里面的剑模可以看出工匠的生产过程。首先，他要得到一把制作青铜剑所需的木头模

型，在一块平板上抹上一条搅拌均匀的黏土，上面平展，厚约 1 英寸，长宽按需而定，把煤灰撒在表面，再用油润滑木头模型，定位并把它的半截按入泥中。他在木头模型与泥模的一侧割开一条整齐、匀称的剥离线，用一个圆头砾石或一根棍棒的一端戳出许多状如空位标记的半球形坑，并在泥模的裸露面和模型上撒上煤灰或其他粉，以防泥模之间相互粘连。然后，他在模型和黏土条上像第一条那样按下第二条黏土条，这样就形成木头模型的上表面的型腔，其中一些可与第一块模板的空位标记相吻合，从而可以确保以后正确合模。

480

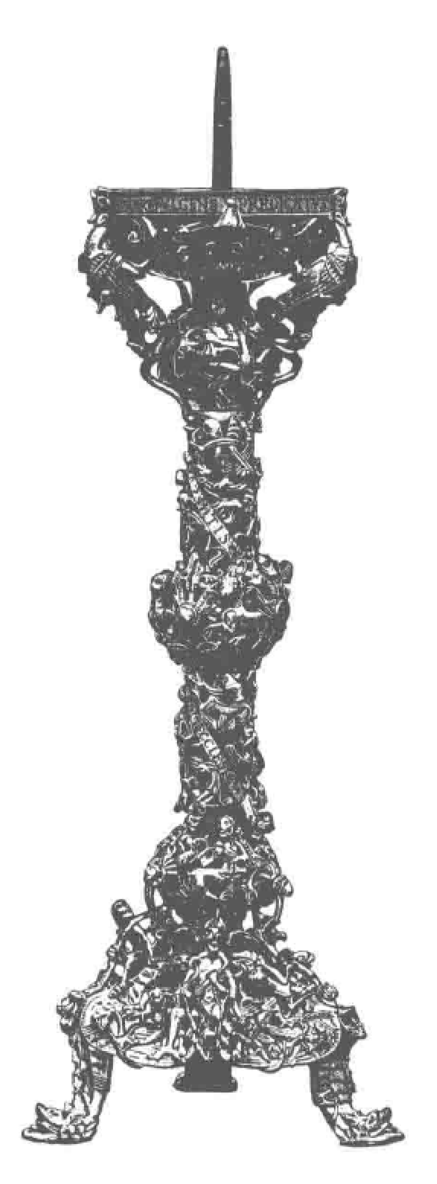


图 439 格洛斯特修道院院长彼得献给格洛斯特圣彼得教堂的镀金铜烛台。

现在，工匠需要从铸模里取出模型。如果他试图直接提起铸模的上半部分——一层 2 英尺多长的薄黏土片，那就有可能损坏它。因此，他拿来两根棍子，每根比剑还要长，厚约 1/4 英寸，将它们进行润滑之后，放在泥模的上面那层，留下一端伸出来。他在泥模上用一些黏土敷住棍子，使它嵌入铸模的上半部分，等黏土变得足够硬之后可以将它取起，从而能够拿出模子。上叶的剥离线必须规整、匀称，再在铸模的两叶上撒满煤灰和油，放在合模上进行修整。工匠放松棍子，用一根又细又直的金属丝把铸模的上叶从板上割离下来，铸模的长度大概会缩短半英寸。去掉棍子之后，铸模被置于火上焙烤，用绿柳条紧紧捆住，埋入炉前的铸造坑。

中世纪最值得关注的铸件当中，就有格洛斯特大烛台（图 439），上面刻的铭

文中有格洛斯特修道院院长彼得(Peter,1104—1113)的名字。这一器物由镀金青铜或黄铜铸造而成，散发着令人惬意的自由气息，反映出雕塑家对周边丰饶的世界充满了浓厚兴趣。他与他的石匠兄弟一样善于观察，这些石匠用人物、精灵、植物花叶、动物和鸟类装点教堂正面的柱顶和拱肩、壁柱和周边。整个烛台的模型用蜡制成，蜡杆形成浇口、门道以及通风口。在如此复杂的作品中，需要用大量细蜡线把每个向上伸出的东西与模型上的一些点连接起来，以确保避免空气阻塞，因为雕塑家深知金属熔液中滞留的空气容易在铸造时产生气泡，或由于剧烈膨胀导致更坏的后果。铸模用铁丝加固，当蜡熔化并从铸模中流出之后，可以烧红铸模并浇铸金属熔液。冷却之后，打开铸模，用凿子和刻刀对铸件表面进行通体加工，最后一个步骤是镀金。这个烛台堪称失蜡浇铸法的典范，用单模法显然无法完成。

13.7 乌银镶嵌术

乌银是金属硫化物的混合体，通常在坩埚内熔化，其配方和使用在特奥菲卢斯的书中有详尽的描述[6]。在臼钵中碾碎乌银，并冲洗、去掉最细的颗粒，与处理珐琅的道理相同(边码458)。将金属制品(一般为金制或银制)凹陷处填满乌银粉，使之像珐琅一样熔化，形成黑色的填充物。然后，对其表面研磨、抛光，或者还可能要焙烧。

481

乌银镶嵌出土于埃及和迈锡尼大约公元前16世纪的墓葬中。在迈锡尼宝藏当中，有些青铜匕首纹样以乌银为底，镶嵌着金、银和铜。其他匕首的装饰或为浮雕，或为乌银镶嵌。

在登德拉(希腊南部)的一座墓葬出土了一件镶金线银碗，装饰着以乌银和黄金镶嵌的牛头。一件更为精美的迈锡尼镶嵌品是在塞浦路斯恩科米发现的碗(第Ⅰ卷，图421)，出土于1949年，完全为锈蚀层所覆盖，易碎的金制装饰伸出锈蚀层。X光透视显示，它装饰着精美的纹样，在花卉丛中点缀着一组牛头形象，下面是连拱廊带装饰，

并有单根叉骨制的把手。这只碗为银制，带有金、银和乌银装饰，牛头前额的毛发纹样用铁笔雕刻，用于填金和乌银的凹槽用刻刀修整。在有些纹样中，整个凹陷部分填满粉状乌银，再插入金制装饰，乌银在焙烧时会把金牢牢地固定住。再者，还有一排金盘需要装饰狭窄的乌银纹带。首先将它们在凹陷处底部的位置固定——可能用胶，周围填充乌银，焙烧时与金紧紧咬合。有些迹象表明，这只碗也曾用金线镶边，是早期工匠留下的精美工艺品，强有力地展示了他们卓越的才华与精湛的技术。

乌银镶嵌术通常用于罗马银器的装饰，使用这种材料的悠久传统在后世并未失传。例如，阿尔弗烈德大王（Alfred the Great）之父埃特尔伍尔夫（Æthelwulf，卒于公元 858 年）的金戒指，就饰有两只以乌银为底的相互注视着的孔雀。

13.8 金属丝与铆钉

在苏美尔和埃及发现的装饰性金丝可能是从一块厚度适宜的金片上切割下来的，然后再锤打或卷成所需大小。稍厚的金片也被卷成螺旋状或球状，制成粗丝。使用拉模板的最早证据大概可见于出自波斯的一件金质角状杯（酒器），其年代为公元前 5 或前 6 世纪，现收藏在纽约大都会博物馆。在它的口沿，环绕着由 44 根扭在一起的金丝组成的一个厚达 5/8 英寸的螺旋状盘丝。均匀使用 136 英尺长、不足 0.072 英寸粗的黄金丝，显然必须借助某种拉模板工艺。

482

现代拉模板是一块厚重的铁板或钢板，上面有一系列小穿孔。一根尖头金属棒穿过一些孔，尺寸逐渐变细，以便继续延伸并符合最后穿过的孔的直径和形状（图 440）。

令人惊奇的是，尽管使用了缠绕、编织金属丝等如此多的可能方法来构筑有趣的图案，真正的优势却并未发挥出来。同样令人奇怪的

是，制作剑的工匠在技术上远远超过了金匠。15—18世纪生产的许多剑的柄部，都可以发现缠绕着精美的金属丝装饰。

在金器当中，没有比白金汉郡塔普洛出土的带扣（图441）上的纹样更为精致的金属丝装饰了。鲜艳的色彩、平滑的石榴石纹样及其底子，与金器上精细的卷纹相对应。靠近带扣的端部有一排大颗粒，周围是小颗粒组成的环，四周饰以镶嵌珠宝的金属丝。带扣上有大的浮雕，在缠绕的珠丝纹样下面是意想不到的深深的压花装饰，边界主要由纹样不同的十三排珠丝或缠绕丝组成。显然，人们难以找到可与此相媲美的佳作。

同样，没有比爱尔兰的凯尔特晚期铜号更为精致的古代铆接制品了，它长8英尺5英寸，由一块青铜皮卷成管状，相邻边缘铆接在宽约1/2英寸的青铜片上，沿边缝有不少于638颗铆钉。在另一件有趣



图440　银匠的作坊，显示的是拔丝等工序。出自一幅铜雕版，1576年。

的爱尔兰铆接制品上，工匠试图把铆钉的头部作为装饰。在一口青铜大锅上，数百枚铆钉高出金属面约 3/8 英寸，头部为尖圆锥形。

北欧晚期青铜时代的一些螺旋状金属臂饰，由直径 1/4 英寸的长金属丝制成。没有机械的辅助，这些金属丝不可能通过拉模板被拉长。然而，仔细观察却会发现它们是铸造而成的。用十分干燥的黏土制备一块平展的板，根据所需长度尽最大可能在表面刻出截面适当的长螺旋形或格子状的沟槽，同时需要增加浇铸和流通的沟槽，以便让金属熔液流到螺旋或格子的每个部分。第二块干泥板与第一块大小相仿，但表面更光滑，将形成铸模的另一半。两块泥模紧密扣合，经过焙烧，埋入为浇铸金属熔液而预备的铸造坑内，金属丝铸件经过修剪、弯曲、锤打、雕刻或打磨而最终成形。

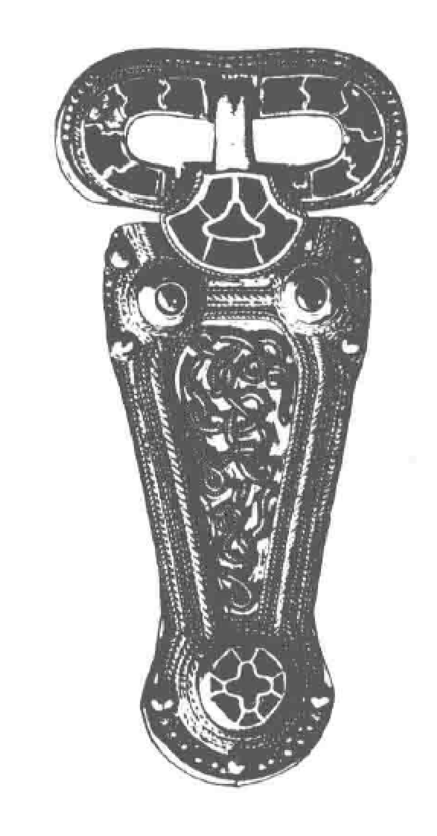


图 441　青特式的金带扣。嵌有石榴石，来自塔普洛的墓葬。公元 6 世纪早期。

13.9　色泽处理

注重色彩是东方艺术的特点，古代工匠不会仅满足于把几种不同色彩的材质拼凑在一起，常常通过金器自身色彩的变化来追求颜色层次的巧妙变化。常见的作品的质地有呈明黄色的纯金，以及称为金银矿的金银合金，它们的色彩因银的比例不同而变化。那些为图坦哈蒙（约 1350 年）工作的工匠，甚至用人造的玫瑰色金与铁盐一起加工。许多早期的炼金术配方，均与金属着色有关。

新铸造的青铜器具有新便士硬币般鲜艳、金红的色彩。不过，一旦暴露在空气之中，它们很快就会形成几乎各种色彩的锈蚀，从金黄、

棕褐色、灰色到深黑色，色彩取决于青铜的成分及其与外界所发生的化学反应。希腊雕塑家以及近东和远东地区的雕塑家们，当然不会满足于依赖自然的或人为的生锈来为青铜器提供所需的色泽，可能会将器表镀金或镀银，希腊雕塑家也许还会凭借镶嵌来产生自己需要的对比效果。雕像的眼睛通常用石头或玻璃镶嵌，希拉孔波利斯出土的金鹰头（第Ⅰ卷，图432）的眼睛就是黑曜石。德尔斐出土的马车夫为银唇，头部有弯曲的镶嵌纹样。阿特米修（尤比亚的西北）的宙斯的双眉为银色，乳头为黄铜。此外，中国艺术家可能把青铜矛的头部镶嵌上青铜菱形图案，与矛头本身的成分略有差异。色泽处理完成之后，镶嵌部分在色彩上与作品本身形成了鲜明的对比，有时效果极佳。

相关文献

[1] Morris, W. and Magnusson, E. 'The Story of the Ere-Dwellers' (trans. from Icelandic), p. 120. Saga Library (ed. by W. Morris and E. Magnusson), Vol. 2. Quaritch, London. 1892.

[2] Beowulf XXI, 1455 ff.(Ed. M. Heyne. 10th ed. Schöningh, Paderborn. 1910.) For a modern Engl. trans. see E. Morgan. 'Beowulf. A verse translation.' Hand and Flower Press, Ardington. 1952.

[3] Cassiodorus *Variae*, V, 1, in *Pat. lat.*, Vol. 69, cols.643 – 5.For a 'condensed' Engl. trans. see T. Hodgkin. 'The Letters of Cassiodorus' ,pp.264 – 5. Frowde, London. 1886.

[4] Theophilus Presbyter *Diversarum artium schedula*. Ed. and German trans. by W. Theobald. III, 53. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin. 1933. Ed. and Engl. trans. by R. Hendrie. III, 54. Murray, London. 1847.

[5] Biringuccio, Vanoccio.*De la pirotechnia*, VIII, 3 and 4. Venturino Roffinello, Venice. 1540. Engl. trans. by C. S. Smith and Martha T. Gnudi, pp. 327 ff. American Institute of Mining and Metallurgy, New York. 1943.

[6] Theophilus. See ref.[4], III, 27 (ed. by W. Theobald); III, 28 (ed. by R. Hendrie).

关于硬币及其他器物模印的注释

菲利普·格里尔森(PHILIP GRIERSON)

485

模压法是金属工艺的一项重要辅助手段,对硬币铸造尤为必要,这是工业革命之前数百年内大规模生产制造品的一个真实例子。硬币制造的原理是将金属圆球置于两个雕刻好的压模之间,通过有力的一锤或数锤,将图案模印在硬币的两面。在古代社会,硬币上的图案呈高浮雕状,主要采用雕刻宝石和印章的雕刻工具进行压模。到了中世纪,硬币图案更为简单并且成了低浮雕,雕刻工具大多被冲压工具所取代。

随着文艺复兴的到来,与古代自然主义艺术相应的东西才得以恢复,但不同之处在于浮雕总是呈现为低浮雕。对压模法产生影响的是奖章制造者,而并非是宝石加工者。西方制币业很少采用铸造法,除非是制作假币的那些人,在罗马帝国后的数百年间有大量造假币的铸模保存至今。铸造法在合法制币生产中的应用,仅限于铸造罗马共和国的大型青铜硬币,因为其制币尺寸和一些蛮族的品种系列(如早期凯尔特人的硬币)不同,难以用手工打制。

西方制币业的开端可追溯至公元前 7 世纪。当时,小亚细亚西部希腊众城邦的商人们已开始以贵重金属的小锭来进行储备,这样会比金块或金粉更便于贸易。虽然有些小锭带有商人自己的可以辨认的印记,但它们的重量或纯度并未标准化,所用金属通常为金银合金(边

码 484)。

小亚细亚的吕底亚王国盛产金矿，国王首次将狮子头作为徽章印在具有一定纯度和相当重量的金银锭上。这一革新牵涉到某些固定重量单位的使用，既方便也重要。在希腊，由于没有金矿，因而银被大量开采(边码 1 以后；边码 43 以后)，用于制币。据传说，阿戈斯的国王菲敦(Pheidon，公元前 7 世纪)是埃伊纳岛的主宰，他开始在岛上铸造一定重量的银币，带有乌龟形的徽章，并规定这些银币可与当时国家通行的货币——铁条或铁戳——等值使用。德拉克马(drachma)和奥波勒斯(obol)作为希腊货币的基本单位，名称尚保留着铁币的遗迹，因为铁戳曾被叫作 *obeloi*，*dragma* 则指一把铁币，习惯上被视作与 6 个铁戳等值。

最早的、非标准化的金属锭在粗糙的铁砧上用铁制或坚硬的青铜冲头锤打，将其背面轻轻锤平。当在硬币正面制作易于辨识的图案时，就将它反刻在一块青铜或铁上，置入铁砧的凹陷处，金属的圆球被从上面锤打进铸模之内(图 442)。最早的图案可能是使用雕花工具和一把好锤子加工而成的。把一块坚固的黄铜甚至软钢放在铁砧上，试着用雕花工具制作出凹面，必须使用刻刀(用它刻掉金属)。后来，希腊艺术家使用刮刀来软化或深化细节，为了制作精致的作品，他把钻头、刻刀以及形状不一的冲头等所有已知的设备都用上了(图 443—445)。有证据表明，正面冲模或冲头有时会被用于制作模型。在这块坚硬金属的纹样上，无论硬币图案的全部或部分都要刻成正浮雕状，而非凹雕。这样能够

486

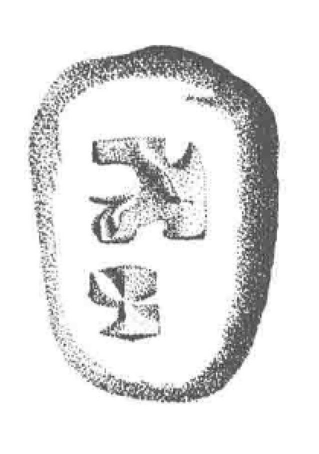



图 442　福西亚的金银合金硬币，公元前 7 世纪。图案是城市的纹章。另一面的印记就是冲头上的印记，冲头用于把金属的连珠浮雕图案压入模中。

制作出大量模型，全部非常相似——这一点至关重要，也正是大规模制币必须具备的。




图 443　雅典的四德拉克马硬币，公元前 4 世纪。在用于商业流通的主要硬币中，保留古风是很常见的。边缘的切口是一个想确认硬币是否为银质的使用者留下的。




图 444　巴克特里亚国王欧克拉提德斯（Eucratides, 约公元前 180—约前 160）的四德拉克马硬币。肖像是亚历山大大帝的继承者们引入的。背面显示了拿着长矛和棕榈叶的狄俄斯库里（Dioscuri）。




图 445　法国北部贝洛瓦西的金银币，公元前 1 世纪初。从马其顿国王腓力（Philip）的一枚硬币上复制。人物形象拙劣、夸张，比如此处所显示的阿波罗头上的头发，是异族硬币的典型特征。

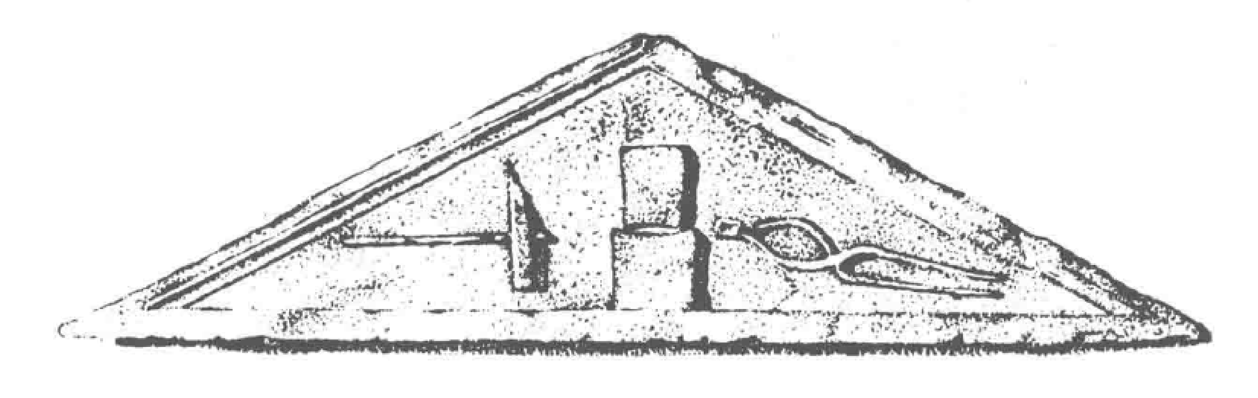


图 446　罗马帝国时期一名制币者的工具。
在此浮雕中，上模似乎是方形的。出自一块墓碑，1 世纪。

最早的硬币只有正面才有图案，反面只是带有冲头头部的印痕，冲头用来把金属圆形浮雕压入模内。到了公元前 6 世纪中期，硬币反面带有图案的风格开始流行。用手握住上部冲头，用锤子敲打，其头部即做成上模图案。上模叫作 trussel，正好与下部的下模或砧内下模相对。最早的上模大概只是又粗又长的铁棍或铁钳，便于用手抓握使其位置固定。但是到了罗马帝国时期，它们可能是小圆锥体或者桶状物体（图 447），被固定在铁块内，吸收锤击的外力，明显与某种机械设备相适应，以确保硬币两面的图案紧密关联。

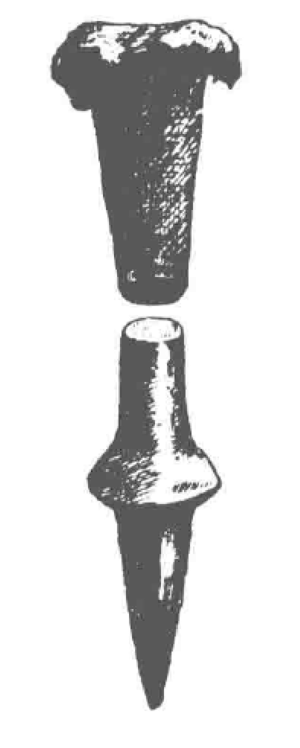


图 447　上模和下模（砧）。
德国，16 世纪。

两块模的使用寿命并不相同，因为上模比下模的磨损快得多，早期制币的许多缺陷出自制作和操作上模时遇到的困难。模具易于破碎，难以修复。如果上模没有准确地放在金属圆球和下模上，硬币的一部分将会无法模印纹样。如果没有准确垂直，倾斜的一边将会承受锤击的大部分力量，结果边缘会在重压之下开始退缩，模具的头部将变成凹形，这正好说明了为什么许多古代硬币略呈盘形凹陷或眼镜镜片形状。通过采用罗马帝

国时期的小型模具，可以避免某些缺陷。

一开始，铸造硬币的坯件或圆盘可能装在一块石板或焙烧过的泥板里，上面有十几个或二十多个小孔，深度达到使坯件厚度略超过硬币的程度，金属熔液可以浇入。为了便于取出坯件，石板或泥板上的凹陷必须下窄上宽。当在模板上刻一条连接孔穴的槽时，第二块平板用来完成一个两叶模板。一次浇铸时，所有孔穴均可充满，最后用凿子把铸件分开。早期制币业似乎很少努力生产真正圆形的硬币，在钱币上压印花边来防止造假的措施，似乎是无法想象的[1]。

在托勒密王朝的埃及，坯件的周边有时用车床来加工成圆形。这些硬币的一面或两面可以看到圆锥形凹陷，车床的尾座在这里顶住坯件，使其固定在卡盘上。旋转工具用手轻轻握着，切割意在裁掉最不规则的部分，有时也会换用锉刀。

如上所述，由于古代硬币的纹样多为高浮雕（图 448），需要强大的力量来模印纹样。人们小心避免铸型在锤击时滑脱，如果需要多次锤击的话，还要避免它们因过热而损害其韧度。

490

罗马帝国灭亡后的数百年里，雕刻铸模和制币的古老传统在西欧基本消失，新的方法处理的是中世纪晚期又轻又薄的硬币。




图 448　韦斯巴芗（Vespasian）时期的塞斯特斯硬币，用以纪念在公元 70 年占领耶路撒冷。生动的自然主义人像绘制和宣传性的设计是罗马硬币的特色。

1　现代钱币上的压印花边是由锯齿或者钢箍内部压印形成的，硬币则在钢箍里冲压成形。




图 449　梅勒制币厂所铸的查理大帝时期（768—814）的便士。字母花押就是那位国王的名号。




图 450　那不勒斯国王安茹的查理（Charles of Anjou）时期（1266—1285）的意大利古币。

与古代相比，保存下来的中世纪模具数量要多一些，让我们有了更多的了解（图 447）。下模短而底部带刺，以便使其插入用以支撑和固定的木块之中。中部较粗，用以防止插得太深（图 453）。上模则包含一根铁棍，直径约 1 英寸，长度足以用手握住，使其位置固定。由于饱受不断的锤击，现存的上模的上端变得向外张开并弯曲。中世纪硬币的图案为低浮雕，所需的打击力与早先相比要小得多。同时期的实例表明，铸币一个人就可操作，他或



图 451　12 世纪的一名铸币匠。出自诺曼底地区布切维尔的圣乔治教堂的一根柱子的柱顶。

立或坐，左手握住上模，右手用锤锤击（图 451）。

在加洛林王朝时期（8—9 世纪），模具主要是雕刻而成的传统工艺已经消失，设计上出现非常大的简化，并且开始出现巨大而显眼的字母（图 449）。有限度的锤击可以形成直线、大小不同的月牙形和曲线、圆箍线、圆形浮雕、三角形等，从而组成图案和字母。当地制币厂雇用基本上未经训练的工人制作模具，工作倾向于简化。11—12 世纪的法国硬币上，字母通常采用一小堆楔形冲头制成，图案与它想表示的字母仅仅是模糊相似（图 452）。直到 13 世纪，这种状况才得到改进。当时，意大利的商业城市开始以自己货币的样式而自豪，封建诸侯们想出了一个主意，把金币用作展示家族纹章的工具。但是，使用冲头制作图案细部的传统仍在继续，弯曲的冲头用来制作头部正面的曲线，大概还有更精致的冲头用来制作诸如王冠或鸢尾花形纹章之类的图案。直到 15 世纪意大利文艺复兴时期，模具刻纹模仿古物的风格才变得非常普遍。制作模具的过程常常在硬币上留下痕迹，中央圆形浮雕可能就代表模具的低凹处，雕刻工在画出图案的周边时用圆规的脚尖来划分。为了确保图案的对称，他在模具上刻出的细线有时清晰可见。

LVDOVICVSREX

图 452　12 世纪一枚法国硬币上的刻字（LUDOVICUS REX），可只用很少几个冲头制成。

491

原则上讲，硬币的图案由发行当局决定，但即便有指示的话，通常也是笼统的，细节的完成取决于雕刻家的艺术品位和技艺。有时各种版本要仔细地区分开来，例如中世纪晚期，硬币的某些标点、铸币厂印记、私人印记等细节将会被认真地指定和制版。偶尔我们会收集到某些君主对硬币设计非常关注的证据，那不勒斯国王安茹的查理（1266—1285 在位）否定了美丽的意大利古币的第一版（图 450），理由是字母拥挤不堪，且硬币的正反两面非常不匹配。

492

中世纪的硬币厚度极薄，与古代硬币相比尤其如此，因此坯件并



图 453　一间德国铸币厂的内部。出自马克西米利安皇帝(Emperor Maximilian)自传手稿中的一幅 16 世纪初的绘画。

非铸造，而是用剪切机将锤打得厚度基本均匀的金属片剪切而成。坯件通常被剪成圆形(图 453)，但有些地方的剪切匠为了节省剪切时间，以及省去重新熔炼废弃金属的成本和麻烦，把坯件大致剪成方形，然后通过去掉四角或者通过锤击来使中间部分的四周向外延伸，从而做到大致趋圆。硬币过薄有时表明每个模具的纹样均取自坯件，损坏了另一侧的图案。在德国的大部及其相邻的欧洲北部和东部，试图在硬币两面都打出图案的努力最终被迫放弃(12 世纪)，有大量薄硬币仅打击一面(图 454)。这些硬币的工艺与当代珠宝匠的技术有许多相似之处，比常用的双面便士拥有更大面积的空间，使得制作更精美的纹样成为可能。

在古代和中世纪，希腊和罗马的工匠像早期的工匠一样，采用模具及雕有浮雕和凹雕的冲头来制作硬币和珠宝(第 I 卷，边码 648)。



图 454 撒克逊公爵、“狮子”亨利（1142—1195）时仅敲打单面的硬币（苞片币）。
更为精美的设计在这些大而薄的硬币上要比在双面便士上更有可能，其中有许多是德国的罗马式艺术的杰作。

图 455 显示了一根青铜棒，每侧刻有图案不同的凹雕，包括马和玫瑰花饰。5—10 世纪，北欧人习惯于在青铜块上刻出浮雕，纹样有武士、交连龙纹和装饰性花边，将印纹连同铅铸模一起使用以便重复印制。箔片上的纹样与萨顿胡兽角上的镀银镶嵌一样，通过挤压和锤击等相似的方法制成，萨顿胡头盔上的镀锡青铜板采用同样的方法打上印记。这种敲打低浮雕装饰的方法，被 10 世纪的特奥菲卢斯（边码 351）说成是源自金箔制作。



图 455 科林斯压模。6 世纪。

参考书目

Casson, S. "The Technique of Greek Coin Die." in 'Transactions of the International Numismatic Congress,... London ..., 1936' (ed. by J. Allan, H. Mattingly and E. S. G. Robinson), pp. 40–52. Quaritch, London.1938.

Fox, Shirley. "Die Making in the Twelfth Century." *Brit. numism. J.,* **6** , 191–6, 1909.

Hill, G. F. "Ancient Methods of Coining." *Numism. Chron.*, fifth series, **2** , 1–42, 1922.

Marçais, G. "Un coin monétaire almoravide du Musée Stephane Gsell." *Ann. Inst. Etud. orient.*, **2** , 180–88, 1936.

Milne, J. G. "Two Notes on Greek Dies." *Numism. Chron.*,fifth series, **2** , 43–48, 1922.

Vermeule, C. C. 'Some Notes on Ancient Dies and Coining Methods.' Spink, London. 1954.

第4编

运　输



第14章 道路和陆路交通

（含关于港口、码头和灯塔的第14.6节）

R. G. 古德柴尔德（R. G. GOODCHILD
第14.3节、14.4节和14.6节）
R. J. 福布斯（R. J. FORBES，第14.1节、
14.2节、14.5节、14.7节和14.8节）

14.1 古代帝国

493

大多数陆地交通要比水上交通发展缓慢，部分原因是最早的城市中心多位于大河流域，很适合水路交通。即便是在欧洲，最早的贸易路线也是大河。古埃及与叙利亚海岸、索马里及阿拉伯之间的贸易主要是海岸贸易，与克里特岛的贸易还必然牵涉外海地区。

然而，贸易只与天然的交通设施有部分联系，一些更重要的因素有时会对长途通信和道路修建提出需求，并促进其发展。为进行圣战、传教并举行朝圣，宗教目的也能起到对交通的促进作用。再者，古代帝国的集权政权有赖于由信件和信使带来的即时信息，大约公元前1800年（第I卷，边码725）发明的马拉战车要求有较好的道路，信使则需要在路途中间有固定的驿站。随着帝国势力的扩张，商人也需要稳定的交通形式。在路线安排上，经济因素并非总是压倒一切地占主导地位，但始终是很重要的。经济因素的考虑源于如下的事实：在古罗马及古希腊时代，陆路运输的路程每增加100英里，大宗货物的价格差不多就要翻一番。

从交通的观点来看，地中海国家由于有海路运输而获益甚多。对长途运输的发展来说，地中海地区的气候、位置和锯齿状的海岸线非常理想。地中海被意大利半岛和希腊半岛分为三部分，它的四大门户

连接伊比利亚、黑海、埃及，还有叙利亚和安纳托利亚的亚洲部分，并通往美索不达米亚、波斯、印度和中国。

在古代，罗马帝国虽曾一统天下，但帝国的中心仍然在不断变化，由东方的亚历山大城移至西方的罗马，而后又回到东方，先是君士坦丁堡，后又随着伊斯兰教的传播转到巴格达。但无论帝国中心怎样变迁，大自然还是赋予它便利的海路交通。即便是热爱陆地的罗马人（他们曾很不情愿地与迦太基人进行海战），还是通过成为地中海无可争议的主人来控制罗马帝国。因此，陆路交通和它的标志性成果——道路建筑，只能通过一系列中央集权国家的逐段建设才慢慢发展起来，先是波斯王朝，再是希腊化时期的君主，最后是罗马帝国。

在古罗马时期，欧洲西部每平方千米居住人口不超过 5—12 人，地中海地区则为 18—27 人。因此，主要是基于战略考虑而修建的罗马道路网的西部，从未像南部与东部的那样密集，而后者居住着超过 5000 万的罗马人。

在第 I 卷第 26 章中，已述及早期的古道及最古老的道路。埃及人修筑了从采石场通向尼罗河的石砌道，以便运送建筑材料。约公元前 2500 年，克里特人在克诺索斯到费斯托斯及一个位于迈萨拉湾的米诺斯港口修建了一条道路，它显示了石匠高超的技艺水平[1]。埃及和美索不达米亚城镇的大部分主要街道及市场均用石板铺路，其中有些路段正确地采用了砖石铺底的施工方法，石板被放置在掺有沥青的砂浆上，特殊设计的接缝避免了沥青在炎热的夏日里熔化。一些铺设的道路专供朝圣队伍行进使用，连接着城市里的神殿和城市外的神庙（第 I 卷，图 160B）。在宗教节日里，载有上帝神像的车辆出现在这些道路上。目前已知的最为古老的这种道路位于赫梯首都哈图沙什，大约在公元前 1200 年前后修建。还有一系列这样的道路分布在亚述的阿舒尔（约公元前 700 年）、巴比伦（约公元前 700—前 600）、埃

雷克（约公元前 300 年），其中有些路面有车轮辙道，宽度等于马耳他及希腊那些古老道路的车轮辙道（边码 498 起）。两头牛所拉的车是形成这种标准化道路的主因（边码 499）。

人工铺设的远程道路的出现要比宗教仪式用的道路晚。即使是从埃及至加沙、叙利亚和美索不达米亚的经常使用的沿海大路，也往往仅比小道宽一点，不能通行车辆。亚述人征服世界的企图，意味着要使携带攻城设备的军队实现机械化。提革拉—帕拉萨一世（Tiglath-Pileser Ⅰ，约公元前 1115—前 1102）将他的统治范围扩大到了西北方向古老的赫梯帝国，拥有一支专为军队的车辆和攻城设备铺路搭桥的工程兵队伍[2]。他这样描述从伊拉姆山脉到南方的一次进军："我带领战车和士兵，翻过陡峭的山崖，穿越沉闷的小路，用铜斧劈出一条我的战车和军队能够通过的路来。"[3] 然而，他的军队更多时候会遇到"战车无法通行的地方"，只能徒步前进。

495

亚述的君主们并未尝试修建一个公路网，他们在帝国许多边远的地区采用烽火信号进行通信联络，这一古老的方式曾长期在以色列（《士师记》第 20 章第 38 节；《耶利米书》，第 6 章第 1 节）[4] 和美索不达米亚[5] 使用。城镇和城镇分区地图以及标明城镇之间、地区之间往来所需时间长短的清单，由被称为"国王信使"的人全权管理，其中有些与后来罗马的道路图相似，亚述至波斯湾之间的各城镇均标出了它们相互间的距离（约公元前 800 年）[6]。大河上有渡船以及像巴比伦河上那样的永久性大桥，古典作家曾对此热情赞颂[7]。

汉穆拉比（Hammurabi，约公元前 1750 年）曾就行程速度给（200 千米外）拉尔萨的一位官员这样写道："你要日夜兼程，才可在两天内到达巴比伦。"[8] 以撒哈顿（Esarhaddon，公元前 681—前 668）声明他的政策将是"开放国土上所有的道路，以使与所有邻国的交通得以恢复"。这仅仅只是指平整并维护道路，并未提高在埃及行程的速度，尼罗河水上涨的消息以大约 11 千米的时速从埃勒凡泰尼传递

到孟菲斯(约公元前2000年)。大约在同一时期，古代近东地区从北方引入了马匹(第Ⅰ卷，边码721)，最初只用来拉战车。萨尔贡二世(公元前722—前705)当政后，马匹有时会被用作坐骑，他的军队中还有骑兵(公元前710年)，它的出现最早可追溯至亚述纳西拔一世(Ashur-nasir-pal Ⅰ，公元前884—前859)。约公元前750年，在埃及发生了一件令人惊奇的事，一位王子骑上了军马却“不要战车”。后来的亚述国王向外国派遣骑马的信使[9]。驭马术来自波斯，在最初的几个世纪仅限于贵族圈子。直到很久以后，骑马也未影响修筑道路的发展。

居鲁士(Cyrus，公元前550—前530)建立波斯帝国后有了足够的马匹。波斯国王为融合其统治下的各民族，寻求一种适用于全国的改良的送信方式。在搞清一匹马一天能跑多远后，居鲁士建起了一系列驿站，相邻的驿站间是一天的路途，距离约25千米，并设有换班的马匹、马夫和督察员。这一送信方式的完善要归功于大流士一世(公元前521—前485)，可以从《旧约》(*Old Testament*)上得到证实，其中曾提及信件是由“马背上的邮差以及骑着骡子、骆驼和小单峰驼的信使”(《以斯帖记》，第8章第10节)递送的。

庞大的波斯道路系统通向波斯国王建于苏萨、波斯波利斯和埃克巴坦那的宫殿。希罗多德(Herodotus)称为皇家大道(图456)的主要道路，由最西边的省城萨迪斯和以弗所港伸展到苏萨，途经伊苏斯、劳迪塞亚、奇里乞亚门、塔尔萨斯、宙格马、尼西比斯和尼尼微[10]。信使可在9天内完成2600千米的路程，速度是军队的10倍。巴比伦和苏萨间的路程要费时一天半，也即平均每天150千米。拥有特殊装备的信使的这一速度，直到拿破仑时代才被超越。

不过，这些并非是试图大规模修路的主要原因。皇家大道的途中有陡峭的斜坡，尽管能行驶马车，但色诺芬(Xenophon)在其所著的关于居鲁士远征黑海和击退1万名希腊雇佣军(公元前401年)的史

书中，经常提到战车陷入淤泥之中[11]。实际上，道路是以最简单的方式来加以维护的。小居鲁士（Cyrus the Younger，公元前424?—前401）曾对其属下这样说道[12]：

你们这些指挥修路的先生们，手中握有被我从标枪手、船夫和投石手位置上调离的士兵的名单。在行进中，你们要让老资格的标枪手手执伐木用的斧子，让船夫扛起鹤嘴锄，让投石手背着铁锹，组成小分队走在四轮马车前。这样一旦需要修路，你们就可以立即开工。

这样修路仅仅意味着平整道路而已，直到东方完全进入罗马时期，修路这个名称方才实至名归。

波斯人还利用单峰驼和骆驼作为乘骑和驮运工具[13]。新石器时代晚期，中亚的骆驼和阿拉伯的单峰驼已被驯养。由于和沙漠居民的

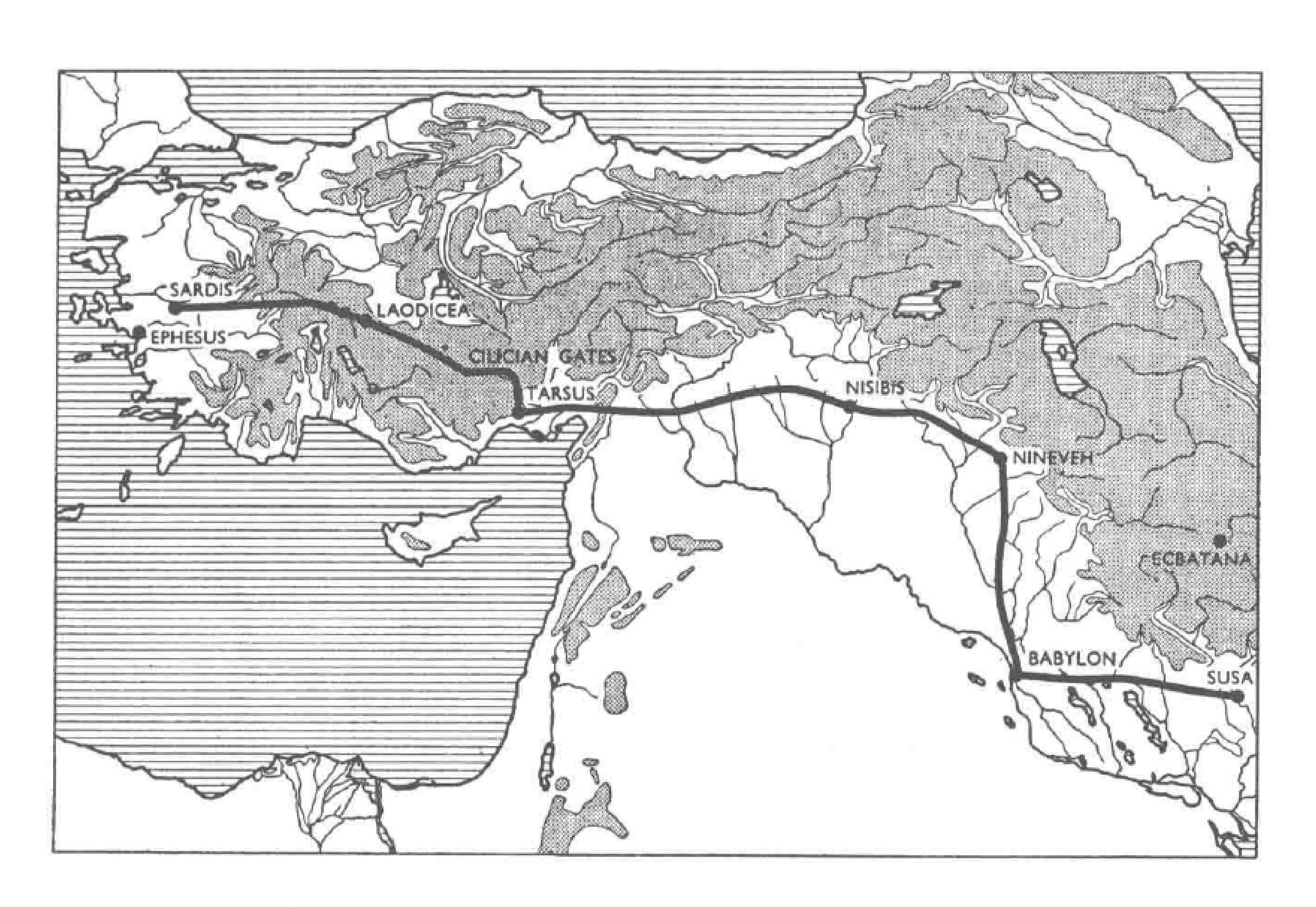


图456　从萨迪斯到苏萨的波斯皇家大道图。

接触，埃及人早在古埃及王朝之前就熟悉单峰驼，犹太人则从元老院时期开始认识它。骆驼驯养成为古代阿拉伯南部王国的经济基础。尽管真正的骆驼在大约公元前1100年被引入阿拉伯，却从未兴盛起来，单峰驼则成为沙漠中最重要的交通工具。

当新月沃地的两角（第Ⅰ卷，地图1B）被想从沙漠中开辟捷径用于贸易的大国占据时，骆驼运输的兴起在叙利亚成为可能。当时，阿拉伯人在骆驼驯养方面已很先进，一批既能载人又能驮货的骆驼被用来进行农产品和盐的贸易，巴尔米拉因此变得富裕起来。重要的是，途中的供水不能间断，不应设置收费站，沙漠劫匪的长期威胁也应得到控制，这些条件在波斯时代（从公元前6世纪起）才第一次得以实现。

从埃及、叙利亚穿越沙漠前往美索不达米亚，交通枢纽是巴尔米拉和佩特拉这两大沙漠地区贸易中心。它们在不同的政治条件下兴起，巴尔米拉在波斯时期很繁盛，但衰败于希腊化时期。到公元前2世纪时，从叙利亚直达美索不达米亚南部之间的路线也已荒芜。此后，巴尔米拉又变得重要起来，尤其是在1世纪末期，罗马人和安息人开始意识到沙漠贸易的重要性。罗马人修筑了一系列穿越巴勒斯坦、叙利亚和外约旦的道路，并设置了里程碑（图459）。这些道路起初并未铺砌，但经过频繁的踩踏变得更为平整，并且每隔50千米就有水井或蓄水池[14]。巴尔米拉的贸易达到顶峰时，佩特拉衰落了，亚美尼亚成为罗马人与安息人之间的战场。巴尔米拉在273年衰落，在8世纪时又一次复兴，持续了约500年，但在巴格达陷落（1258年）后急剧衰败，在君士坦丁堡沦陷（1453年）后消亡。

498 佩特拉在波斯时代首次变得重要起来。随着托勒密（Ptolemies）和塞琉古（Seleucids）王朝（公元前2世纪）的衰败，它的重要性逐渐提高，导致了所有贸易从南阿拉伯转移到大马士革和叙利亚，而不再是埃及。庞贝对叙利亚的征服（公元前66年），引起了佩特拉对巴

尔米拉道路利害关系的注意，一直延续到图拉真(Trajan)统治时期(98—117)。后来，佩特拉逐渐没落，巴士拉开始取而代之，成为阿拉伯福地(也门)的“沙漠港口”。

14.2 迈锡尼和希腊

希腊的迈锡尼文明继承了早前克里特的米诺斯传统，在阿尔戈利斯和迈锡尼地带修筑了一些“巨石建成”的道路，路上有用多边形石板铺就的人行道、性能良好的排水系统以及一些桥梁[15]。它们或许就是所谓的汉马雪多斯(*hamaxitos*)——荷马记载过的一种大型马车道[16]，因为我们实在无法找到比这更好的罗马时期之前的希腊道路了。根据保萨尼阿斯(Pausanias)的《希腊记》(*Description of Greece*，2世纪)中的很多描述，可以清楚地看出这一点。文中写道，大部分道路变得“越来越陡，也越来越不适合步行”，要不就是“只适合步行”“适合人行而不适合牲口走”和“窄得连马车都无法通过”[17]，只有很少数道路“适合马车通过”或者是“非常好的马车道”。他这样描述从迈加拉到科林斯的主要干道：“据说，是神话式人物斯喀戎(Sciron)先筑了一条可供行人行走的小道，当时他是迈加拉的陆军大臣，但是哈德良皇帝(117—138)把它改造得非常宽阔便捷，连战车都能交会行驶。”[18]

事实上，大部分希腊时代的道路比人行道和马道好不到哪儿去，在山岩上开出的台阶坡道相当陡峭，一般都不能走驮畜。马车仍在使用，但人们普遍觉得那是女人用的，甚至在某些场合被禁止使用，还出现了一种几乎是专供妇女使用的有篷马车。如果道路条件允许(图491)，人们在某些地区使用一种大车(*hamaxa*，边码539)运送谷物、大理石等货物。从矿山、采石场到海边的一些专道就是特意为大车而建的，其中最出名的要数那条通往阿提卡著名的彭特利库斯大理石采石场的专道了(边码25)。

路标是用石头堆成的。自古至今，经过路标的人习惯在祈祷之后捡块石头堆到原来的石头堆上。各个历史时期里，有路标的地方常常竖起刻有旅行者之神赫耳墨斯半身像的方形石柱。沿路零星地分布着一些小旅馆供游人休憩，“没有旅馆的道路就像没有假期的人生一样”[19]。

499 筑路往往不被认为是国家的事务，而且有时还被认为是不光彩的事情。不过，朝圣之路显然是例外，这些从雅典到埃莱夫西斯、从斯巴达到埃米克莱、从埃利斯到奥林匹亚的道路，均因朝圣和宗教节日的需要而修建，其他一些道路则通往著名的德尔斐的神殿。这些朝圣之路上，车轮辙道被小心翼翼地辟出，擦拭干净并修复平整，以保证它绝对平滑，适合车轮通过。

在希腊及希腊移民聚居的地区，车辆的使用比其他地区更为普遍，道路建设的技术也在不断进步。希腊道路凭借车轮辙道的深度和重复性而闻名，慎重修筑的车轮辙道确是地中海中部和东部地区的道路特点，最早在马耳他出现并盛行一时，因为那里仍在流行新石器时代（公元前2000—前1500；参见第Ⅰ卷，图514）的巨石建筑。马耳他人的车轮辙道只是不规则地蜿蜒在那些光秃秃的山岩上，希腊土地上的车轮辙道却构成了真正的道路系统。



图457　希腊带有车轮辙道的道路，图中显示了主干车道一侧的分岔。

无疑，希腊的车轮辙道是人们在技术上刻意为之的，它一般深7—15厘米，宽20—22厘米，轮距138—144厘米，而且有时出现在

敷设道路用的特制的石板中央。这些车轮辙道和工业革命之前英国的一些采石场和矿区经常采用的“石头铁路”非常类似，实际上相当于铁路的旁轨，在单向路线上起到了辅助作用(图 457)。

上述特点可以在希腊、西西里(叙拉古)，以及昔兰尼加等地方看到。这些车轮辙道的中心之间一般相距 140—150 厘米。在不平整地区，车轮辙道一般印痕很浅，而筑在堤坝上的车轮辙道就比较少见，这或许是由于表面风化的缘故。在那种长距离人工铺设的路面上，也同样很少看到这种车轮辙道。这些道路通常为了追求平缓的坡度而变得蜿蜒曲折，并且穿越那些不需要架桥的河道。

14.3 罗马道路的演变

500

古代的筑路技艺在罗马时期达到巅峰。关于那些技术知识的由来迄今还有很多争论，有可能是在伊特鲁里亚文明时期，尽管那些被称作伊特鲁里亚人杰作的道路是否名副其实还有疑问。大希腊地区(意大利南部的希腊殖民地)的希腊道路，也可能对罗马人的技术进步有所影响。不过，由于缺乏关于前罗马时期意大利南部道路的确凿资料，这只能是一种推测。

为确保与罗马新征服的领土之间的通信，公元前 312 年由古罗马执政官克劳狄(Appius Claudius)监造了亚壁古道(*Via Appia*，边码 29、边码 504)。它长 162 英里，终点是卡普阿的军事中心(图 458)，路面起初用砾石铺就，后来(约公元前 295 年)才加铺了其他材料。在弗拉米尼乌斯(Gaius Flaminius)公元前 220 年任执政官时期，同样享有盛名的连接罗马与波河河谷的弗拉米尼乌斯大道(*Via Flaminia*)(边码 504)一直保存了下来。从此，道路修筑便在意大利和西西里几乎不间断地进行着，公元前 145 年伸展到达尔马提亚，公元前 130 年进入小亚细亚半岛，10 年后到了高卢南部。正是依靠道路系统，罗马帝国才得以维持。

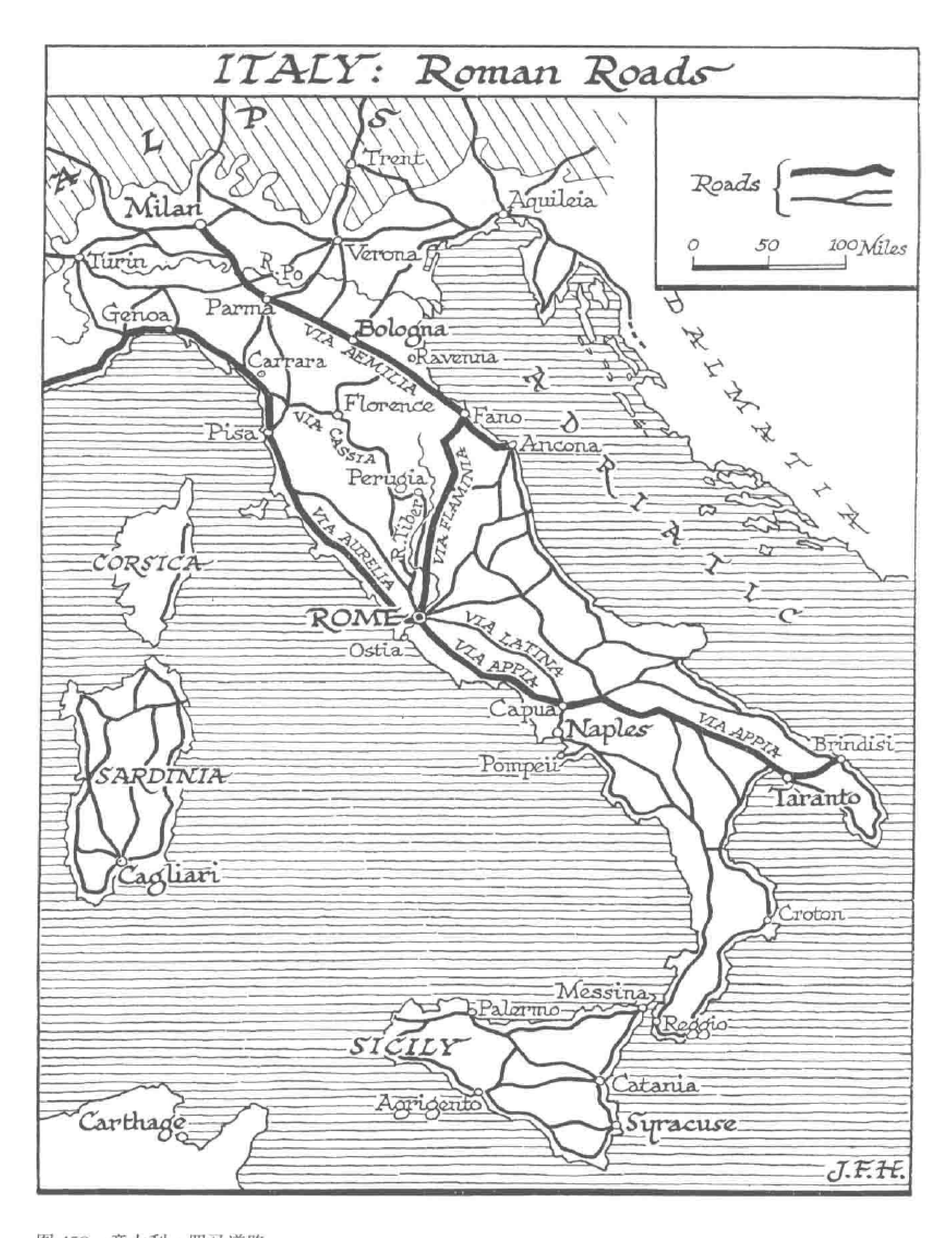


图 458 意大利：罗马道路。

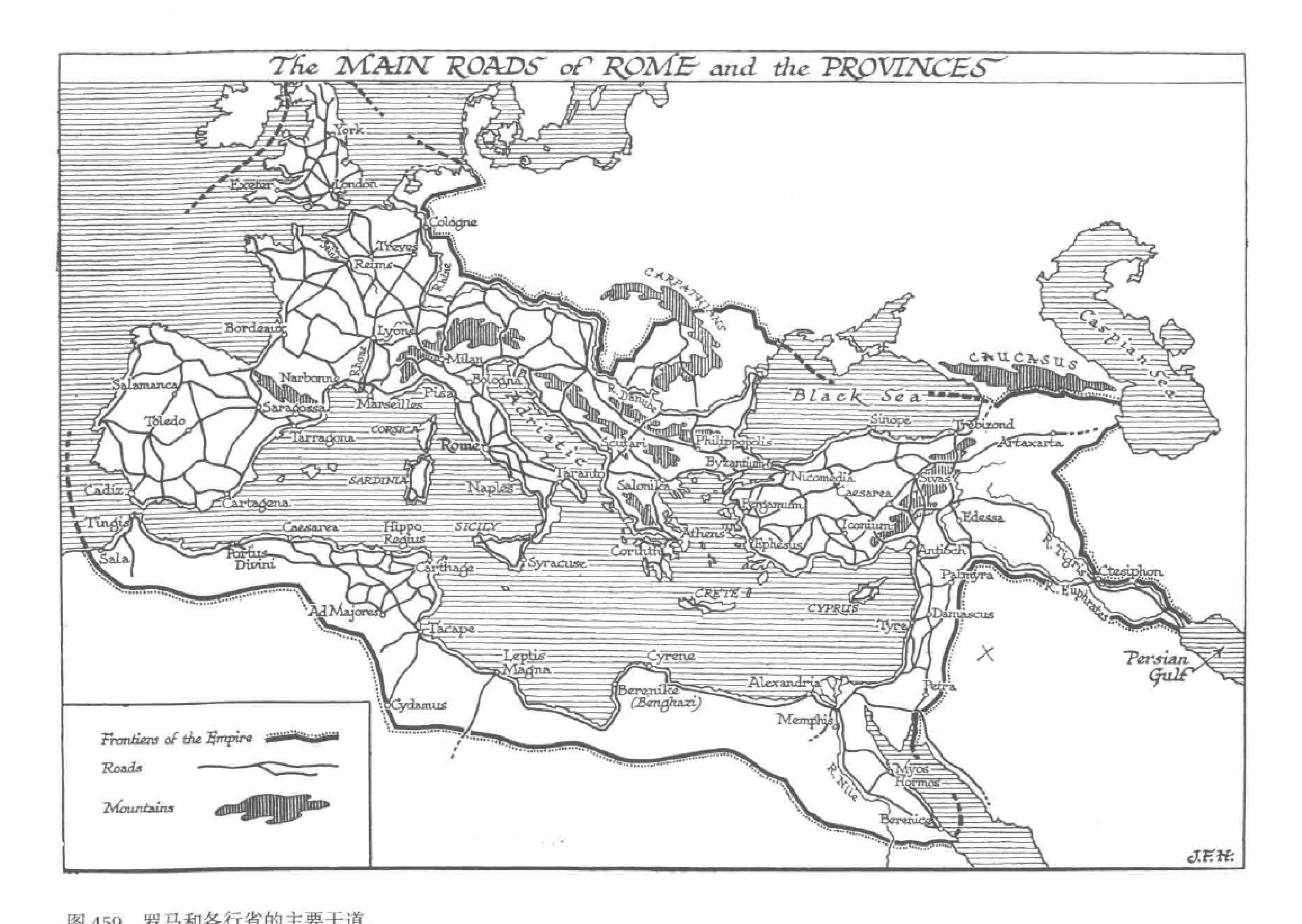


图 459　罗马和各行省的主要干道。

注：图中北非和西亚的一些道路仅仅是明显的车轮、车撤、道和路迹。

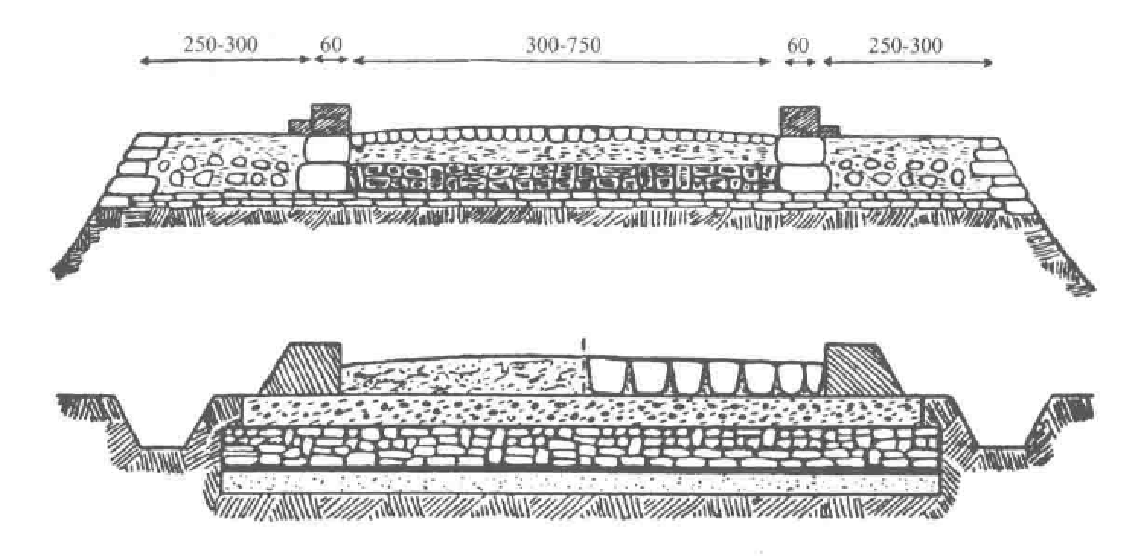


图 460 （上）意大利一条主干公路的截面图。从上往下各层依次为：灰泥黏合的鹅卵石或石板、混凝土或碎石、沙土、火山土、灰泥黏合的石块、平石板。（下）意大利一条普通公路的截面图。从上往下各层依次为：砂砾混凝土、混凝土和碎石、灰泥，用水泥灰泥黏合的石板和石块、灰泥、沙土。

在 1 世纪和 2 世纪，由不列颠北部的哈德良长城到南部撒哈拉的边缘，从摩洛哥到幼发拉底河，罗马帝国的道路网已完全成形（图 459）。公元 200 年以后，筑路的步伐大大放慢了。到 4 世纪时，罗马帝国已经发现维护现有道路并非易事。4 世纪末 5 世纪初的帝国法律着重强调，土地所有者自行维护与其土地毗邻的道路和桥梁。在地中海地区，罗马的道路很少被分割开来，而是整体修筑并承担了大量的交通压力。在不列颠、法兰西、日耳曼开挖的道路，很少能保持其原有的状况。数世纪以来繁忙的交通，断断续续的维修，加之疏忽和侵蚀，已经大大改变了路基的本来面目。普遍的考古发现与斯塔提乌斯（Statius，约公元 90 年）关于修建坎帕尼亚地区图密善大道（*Via Domitiana*）的记述相一致，后者这样写道："首要任务，是开始掘沟开道，深挖土壤。然后，用其他材料充填挖成的沟渠，并在最表层铺设路面，以免道路地基由于土壤松散而不牢靠。随后在道路两边垒起紧挨着的路边石，并用许多扣片扣紧，使之和道路融为一体。"[20]（图 460）

501

503

最初开挖的可能是事先选定的几条平行的沟渠，同时为工程人员施工时所站的长条地面排水。在不列颠的几条罗马道路证实，这些浅沟渠相隔25米远，实际的路基6—8米宽，占据了与这些平行沟渠相连的长条路面的中央。在铺设好的道路上，砂砾路面并没有被冬日的雨水冲刷掉，排水沟往往就紧贴着路基。

由于斯塔提乌斯曾记述开挖深沟装填充作路基的材料，我们可以断定路面并没有明显高出四周的土层。高高垒起的路堤在不列颠的罗马道路中偶尔才能见到，通常不预先挖掘深沟，而是将筑路材料直接铺设在地面上。这种粗陋的做法是因为受制于建设速度还是另有原因（例如，因底土的坚实程度而造成的不确定性），现在还不能确定。它的弊端是造成路堤暴露在外易被侵蚀，同时也使得在大路与小道交叉点修建坡道变得必要。在意大利，也许较多顾及当地地主的利益，除在沼泽地带外，很少有超出地表高度很多的罗马道路。

504

因为当地石料质地和取材难易程度的不同，各地区之间的路基和路面材料差别很大，较为明显的是铺面路和沙土路或砾石路间的差异（图460）。第三种类型是未用碎石铺设的路面，它也是官方认可的，例如北非和叙利亚的一些主要干道，沙漠地区坚硬的路面不需要铺碎石就适合车轮行驶。

罗马周围地区有名的执政官道路是铺面路的最好例证（图461），其中最著名的是亚壁古道，由罗马几乎笔直地通向第



图461　普雷纳斯蒂纳大道（*Via Praenesti na*），靠近第17块里程碑，向西为罗马。这是用大块硬火山岩铺就的执政官道路之一。

勒尼安海边的泰拉奇纳。步出罗马约 9 英里，两旁均是残留的罗马墓地，这无疑妨碍了拓宽道路。在帝国时代，道路的最窄处仅 3.6 米宽，这一定会让人感觉不方便。伸向北方的弗拉米尼乌斯大道，在罗马郊区的那一段宽 4.2—5.2 米，萨拉瑞亚大道（*Via Salaria*）有些路段则有 6 米宽。这些尺寸是指用多边形火山石铺就的路面宽度，它们有时也用砾石灰浆抹平。道路两侧地势略微高一些的便是人行道，未经铺设，一般宽 60 厘米。

从叙利亚安条克至哈尔基斯的罗马道路的某些路段上，有一些宽 5—6 米的坚硬的铺面材料，这些大块的矩形岩石直接铺砌在石质底土上，也许极为罕见。在叙利亚其他地方还发现了多边形铺面石料，但多数沙漠道路则完全未铺筑。

在帝国的欧洲行省中，完全铺筑的道路主要紧邻城镇，那里交通密集，或者尘土飞扬，或者泥泞不堪，垫高的人行道也比照道路处理。其他地区的道路一般铺砾石，现已发掘的大量路段很好地展示了修建方法。

这些砾石路的宽度一般约为 6 米，路面呈拱形，雨水流入道路两旁的阴沟。有时，相同质地的砾石厚层构成了整个路基，但通常底层是竖直夯实的大块石料。分隔路堤与沟渠的护墙并不多见。在对罗马道路研究很活跃的英国，发现了几条宽度为普通道路一半（即为 3 米，而非 6 米）、铺设了少量碎石的小路，从潮湿的沼泽地延伸到干燥的丘陵山地。我们可以推断，碎石铺路仅限于那些必要的地区。

505

罗马道路一个引人注目的特点是线路的平直。宁可采用直线筑路似乎是从很早就开始了。普鲁塔克（Plutarch，约 46—约 120）曾这样记述痴迷于筑路的格拉古（Caius Gracchus，卒于公元前 121）：

他仔细修建的道路漂亮、舒适又便利。这些路完全平直，在田野中按他拟定的方向伸展，一部分铺设开凿的石头，一部分铺垫大量坚

硬的砂砾。如果道路遇到山谷或深水河道，他或是以废物填塞，或是在其上架桥。这些路是如此平整，两侧的高度完全等同，显示出一种整齐划一的美观[21]。

然而，这种追求直线型道路的愿望在意大利却不太可能实现，只有在伦巴第平原地区以艾米利亚大道（*Via Aemilia*）为轴心的广阔

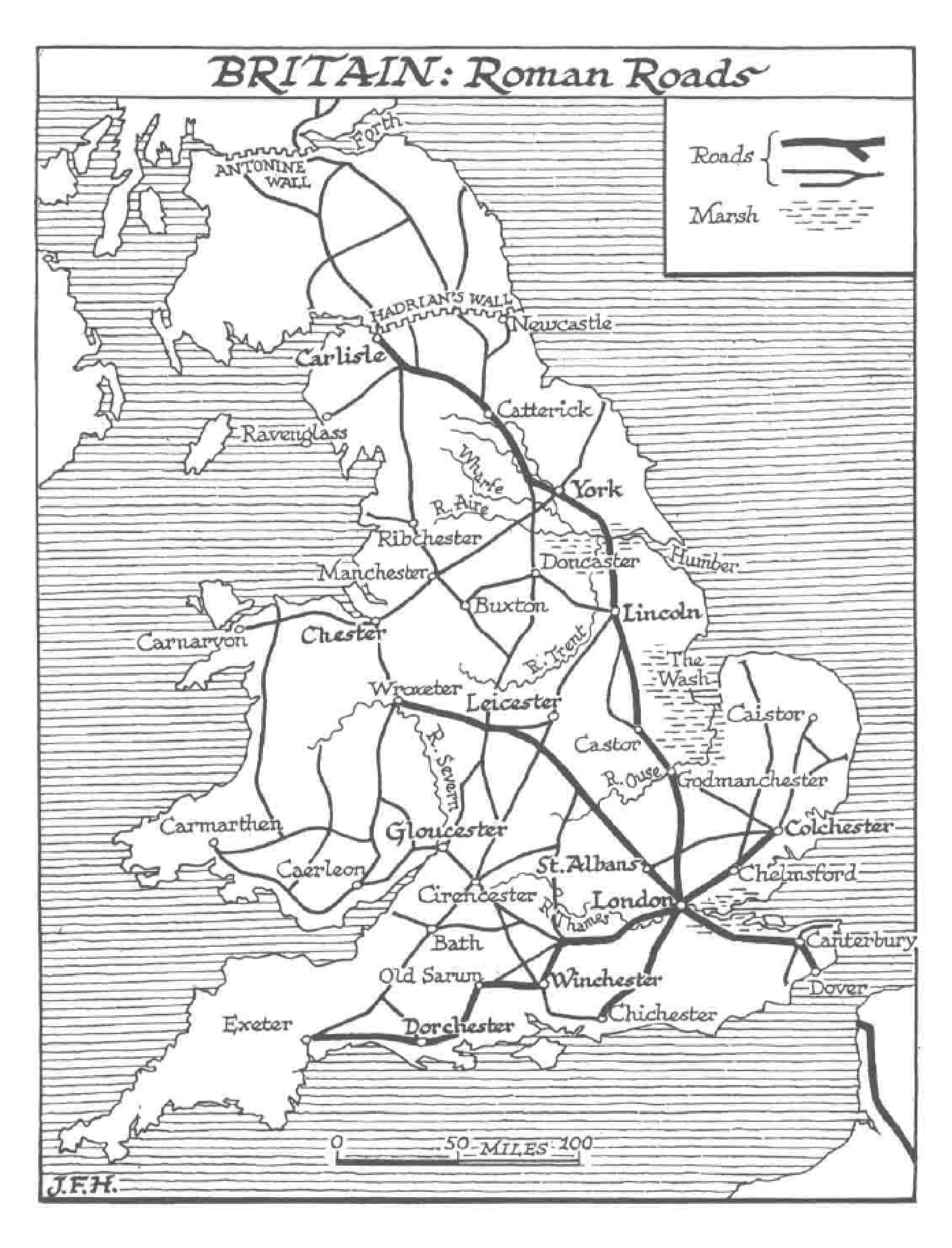


图 462　不列颠：罗马道路。以全国正式测绘的地图为基础，经皇家文书出版署版权审计官准许。

土地上可以做到。无数汇聚到罗马的道路中，只有亚壁古道真正保持了自始至终的直线。考虑到地理原因，直线型道路总有必要稍加变更，罗马人绝不会因执迷于直线型道路而盲目建造不必要的桥梁与路堑。

在不列颠，罗马道路表现出的直线型特点最令人瞩目。一直备受关注的是斯坦恩大街（Stane Street），它从泰晤士河边的伦敦直通奇切斯特，偏离了泰晤士河笔直地向奇切斯特伸展。然而，在延伸了13英里之后，它不得不对岩层作出让步，转向东面径直而去（图462）。在多山的地区，修筑罗马道路的工程人员们甚至无法做出直线筑路的尝试，他们通常愿意选择最便捷的路线，从而使建桥的费用降至最低，不愿穿过山谷的原因多半是要力图避开沼泽地。

506

507

对提议中的路线如何进行初步的勘测并没有相关记录，不过罗马工程师们有相当多的设备，可以在没有精确地图的情况下精确地把握地形特点。例如，伦敦至奇切斯特道路的基准线的选择，只能依仗精确的勘测和中间觇标的使用，在树林茂密地区安装调试觇标可不是一件轻松的工作。罗马工程师置那些适合自己筑路方案的旧路于不顾，倒并非是要炫耀自身的技术能力。尽管未能证明不列颠笔直的罗马道路是沿着同样笔直的史前道路修筑的，但地中海东部的许多罗马道路显然建在希腊先辈留下的道路之上。罗马工程师通常不会去拉直不规则的古代道路，但乐于修桥和竖立里程碑。

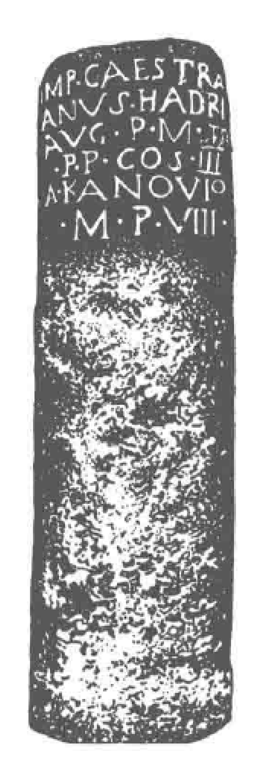


图463　卡那封郡兰韦尔弗亨附近发现的罗马里程碑。根据碑铭记载，建于哈德良统治时期（119—138）。高5英尺5英寸。

竖立里程碑和相隔适当的距离提供驿站，这是道路修筑的必要内容（图463）。普鲁塔克在格拉古（公元前153—前121）的传记中曾写道：“他把所有

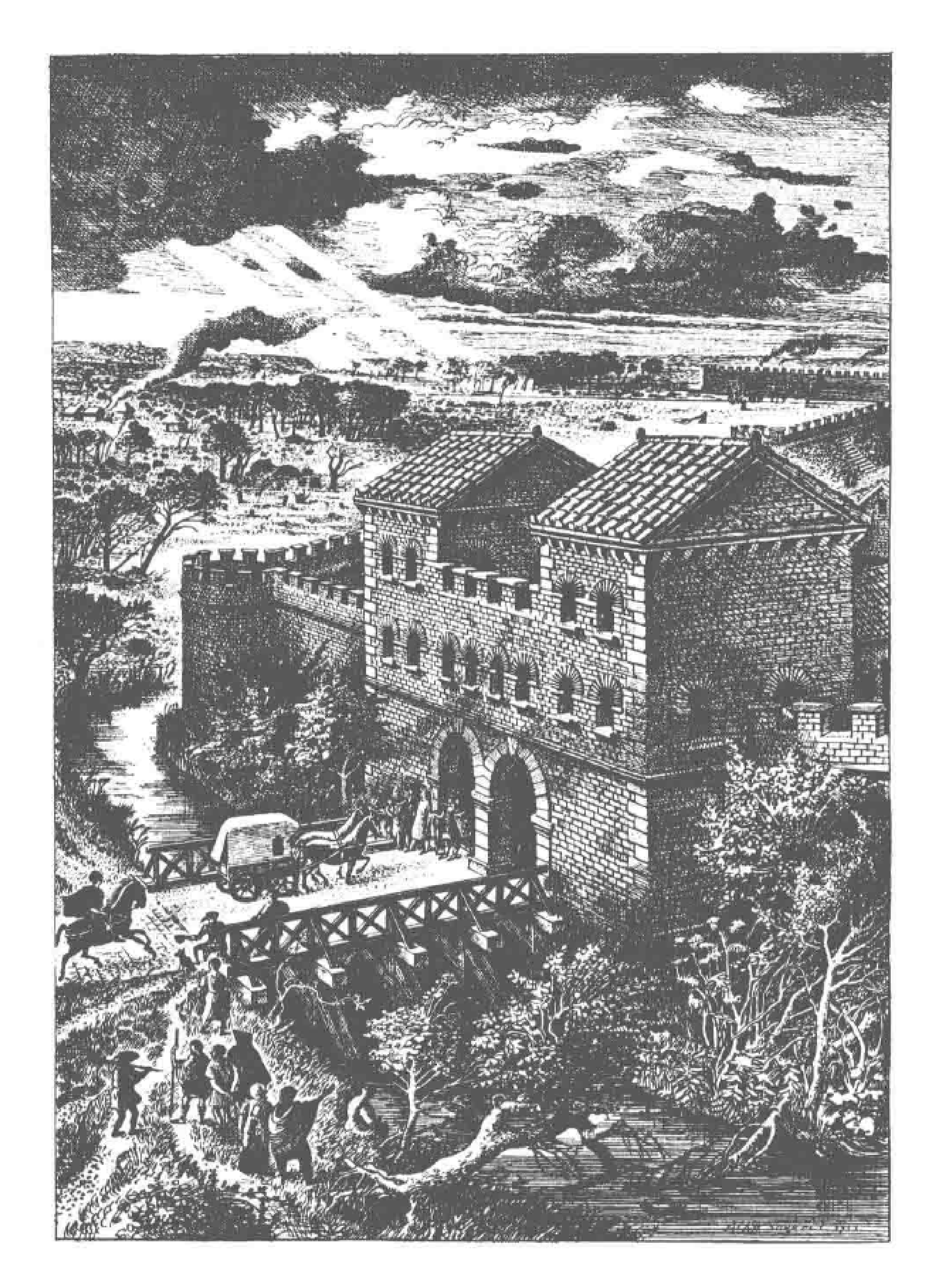


图 464　4 世纪晚期纽盖特的一座伦敦罗马城门楼的复原图。
它初建于 1 世纪后期，约在公元 300 年重建，并增加了塔楼。发掘显示，
城墙后有土堤，堤后是一条路。

的道路分成若干英里。竖起石柱以标明一地到另一地的距离。”[22]不过，一个世纪之前的亚壁古道似乎就采用这种方法来标记了。意大利境外第一条这样标记的道路，应当是公元前 120 年建于南高卢地区的图密善大道。早期的皇帝在每一条新修的道路上，每隔 1000 罗马步（约合 1620 码 =1480 米）的间距就用巨大的刻柱细致地标明距路端或最

近的城市的距离，仅在高卢地区偶尔会使用另一套计量系统——高卢“里格”（约合 2430 码 =2220 米）。

里程碑上的距离通常标明了经计算得出的城市边界至其他各地的距离，罗马城就是从共和城墙的城门算起的。然而，在罗马广场竖立的大都会里程碑，标出了罗马帝国内所有主要城市间的距离。刻写在欧坦（Autun）的铭文表明，里程碑上有时也会标出区域内城市道路的详情。正是根据这些对罗马道路进行准确测量的界标，人们才汇编出了旅行地图或道路示意图。

竖立里程碑并不仅仅是为了方便旅行者。就像现代的公路和铁路边的里程标一样，它们同时为养护道路提供了便利。也许出于这个原因，一些主要干道上的里程碑标出了远程里程，但没有标出附近城镇的里程数。后来，当道路养护划归地方当局后，这些远程里程标经常被近程里程标所取代。

508

由于修建罗马道路的主要目的是方便政府所在地、中央和地方之间的通信，对道路管理机构来说，保持一个高效快速的邮政系统至关重要。这一被称作“公共驿道”的系统，只限于政府官员使用，平民必须自己另想办法。载着携有官方文件的信使的马匹，在沿途每隔 6—16 罗马里处设置的驿站被替换下。每隔 20—30 罗马里，设有供信使休息的客栈，通常在城内或路旁。 在更偏远一些的地方，这样的客栈修有明沟和围栅。至于私人旅行者的种种需求，则由小旅馆来满足。

14.4　罗马桥梁、路堑和隧道

罗马道路等人工修建的工程成为罗马文明的不朽之物，尤其是桥梁显示了罗马人高超的技艺。不过，由于与车道相连，要确定桥梁的修筑日期往往存在困难，因为从它们现在的外形看，很可能是在道路筑好后很久才建起的。在弗拉米尼乌斯大道上，绝大部分石桥是奥古

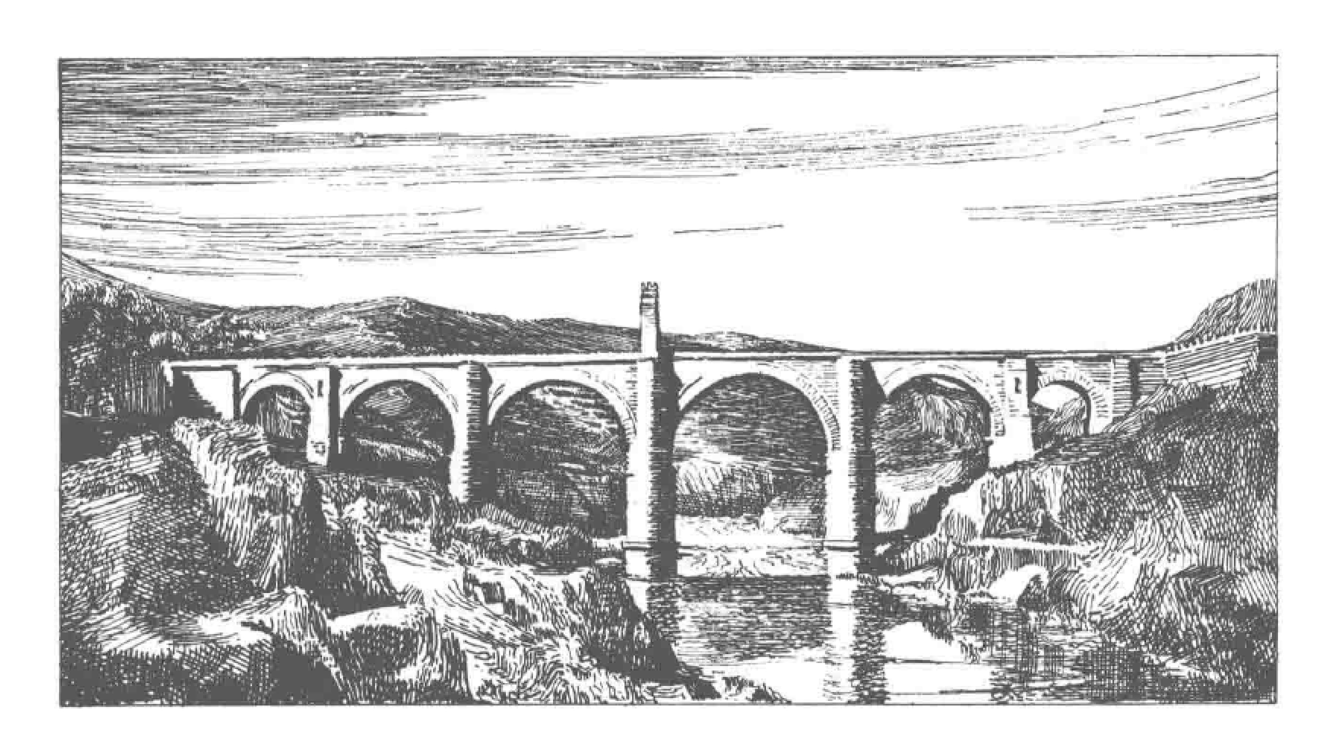


图 465 位于里斯本附近的阿尔坎塔拉的罗马桥。

斯都在位时建造的，但保存至今的某些石桥却建于奥古斯都以后的年代。由于这些原因，要为这样的公共工程制定精确年表实非易事，只能进行一般的讨论。

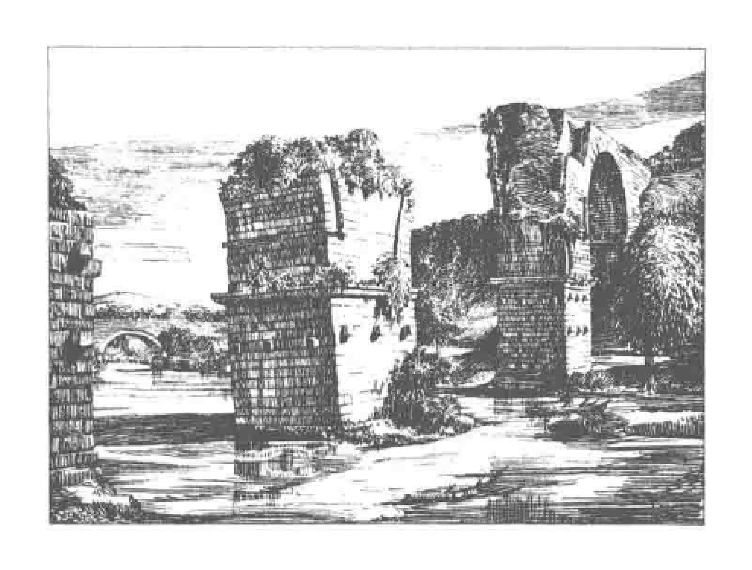


图 466 纳尔尼的奥古斯都桥。位于罗马城以北 50 英里。

从简单的跨越英格兰溪流的木结构小桥到西班牙的阿尔坎塔拉桥和纳尔尼的奥古斯都桥（图 465—466）这样巨大的石桥，罗马桥梁的类型和大小有种种变化。最早的桥——包括执政官大道上的桥——可能是木桥，或是木制桥面架在石头桥墩上，但在罗马帝国时期大致都用石拱重建过。全木或半木结构的桥仍在较偏远的地区运用，那里受军事工程的影响很大。在罗马石柱上记载的图拉真皇帝建于多瑙河上的桥，是这类桥梁中最令人难忘的一种结

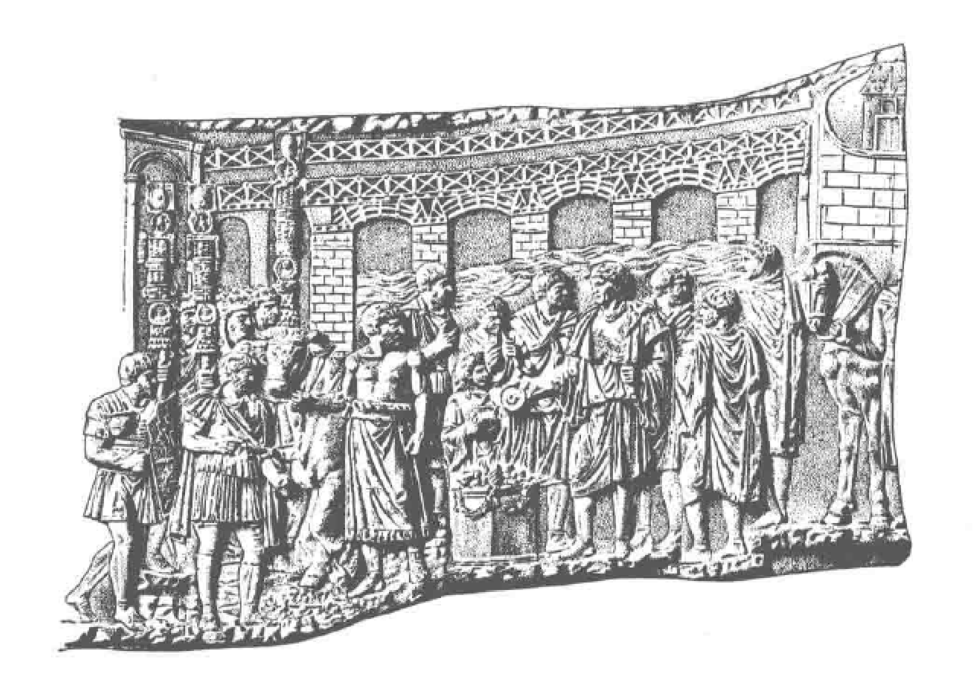


图 467 多瑙河上的一座由图拉真（约公元 99 年）修建的位于奥尔绍瓦附近的桥。这座由阿波罗多罗斯（Apollodorus）设计的桥由 20 块巨型石柱和一个木制桥面组成，长 1070 米。图拉真柱上的浮雕表明该桥约建于 110 年。

构（图 467），横跨伦敦泰晤士河的罗马桥明显具有同样的特征。很多遗留下来的罗马桥梁是用以混凝土为内心的大块石头修造（图 468），但在贝内文托到布林迪西的特拉里阿那大道（*Via Traiana*）上，桥梁采用的是砖面混凝土。2 世纪以来，这种结构越来越多地运用于拱桥和拱顶中（边码 411，图 379），桥拱都是一成不变的半圆体，跨度由 5 米至 20 米不等，记载中最大跨度是阿尔坎塔拉桥的 27 米（图 465）和奥古斯都桥的 32 米（图 466）。

支撑桥拱的桥墩通常在逆流方向带有分水角（图版 34A）。在高于主桥拱耸起的地方，它们被小的泄洪洞所贯穿。一个单拱起拱于河边，堤道又高又长，我们有时会在桥基座处发现小通道，以供牛群和行人通行。极少数情况下，桥拱向路边方向倾斜，桥面却仍然保持了正常的水平路线。

桥梁引桥通常是土质路堤，有的几乎被冲刷掉，只剩下一座孤桥。有的时候，路堤会用砖石铺盖保护。特拉里阿那大道上，有几座有点类似于现代铁路中的长旱桥。意大利福贾附近横跨切尔瓦罗河的一座

桥建在岸边的山嘴上，有300米长。现在，人们已经发现了更长的桥。

只有在无法通过改道避开天然障碍物时，一些主要的罗马道路才会修建路堑和隧道。罗马附近最大的路堑之一在卡西亚大道（*Via Cassia*）上，它穿过巴希亚诺火山口的边缘（现在那儿是一个湖），约1500米长、20米深、6米宽。靠近泰拉齐纳的建于亚壁古道一侧的深36米的路堑，虽然较短一些却更为壮观，王室的工程师们每隔10罗马尺（约3米）便在岩石表面刻下路堑的深度。同样让人叹为观止的是圣伯纳德大道附近的路堑，200米长的垂直岩面不仅包含一座跨度4米的桥，还有一个标号“XXXVI”的里程碑，代表着从奥斯塔开始计算的罗马里程数。这些标识均凿在坚硬的岩石上。

罗马帝国道路系统中最有名的隧道位于弗拉米尼乌斯大道上的弗罗山口，罗马人称之为“穿透的岩石”，长40米，高和宽均为5米，公元78年由韦斯巴芗皇帝下令开凿。在格勒诺布尔到维也纳的路段上，有一段位于庞斯的短隧道，因其底部明显留有1.44米间距的车轮辙道痕迹而引起世人关注。

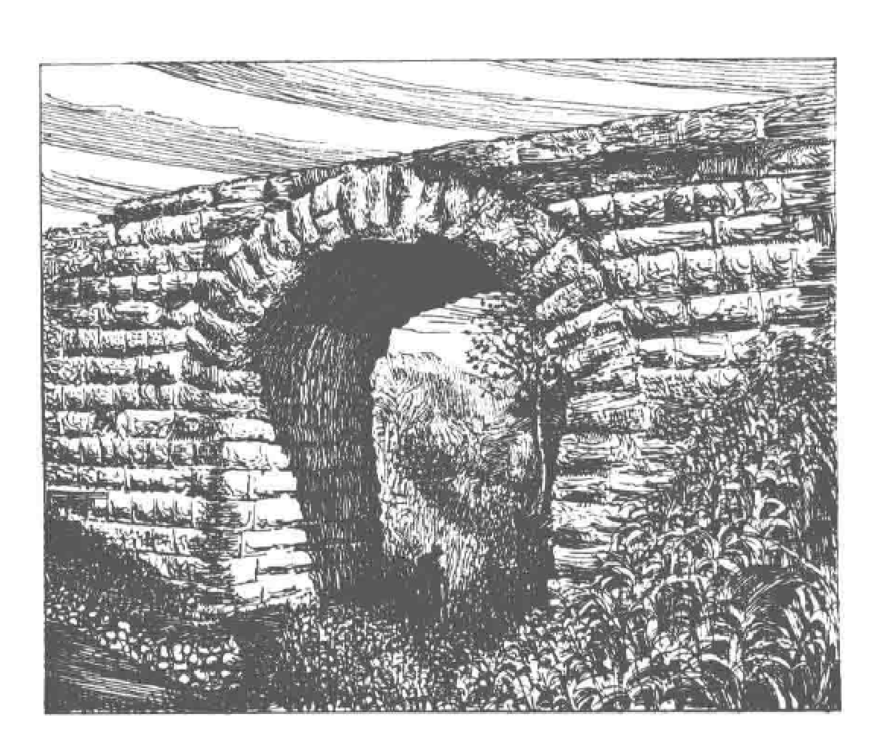


图468 帕莱斯特里纳附近的普莱奈斯第纳（*Via Praenestina*）大道上的阿马托桥（Ponte Amato），约在罗马城以东30英里。

在西部由巨石开凿出的罗马道路上，已经发现一些有意制作的车轮辙道，类似于东部的希腊道路上的那些车轮辙道（边码 499）。在法国和南斯拉夫修建于罗马时期的道路上，人们也有同样的发现。与希腊的情况不同，这些车轮辙道的间距不太一致，由 1.10 米至 1.65 米不等。这种人工车轮辙道的地区分布与车轮辙道间距的差异相符合，在罗马附近的铺面路和英国的砾石路上均未发现。毫无疑问，这样的车轮辙道能够防止满载货物的马车从危险的岩石山路滑下。

512

14.5 罗马的道路和交通控制

罗马的许多道路是由军队修建的。罗马军团和辎重队携带有大量的投石器，例如巴里斯太（ballistae）投石器和石弩（边码 711—713），需要较好的路面。和平年代里，军队和工程兵修建道路、桥梁、兵营和堡垒（图 464），尤其在非洲、多瑙河（图 652）和莱茵河地区更是如此。奥古斯都统治时期，被强迫修路的人们曾发动过几次暴动。此外，角斗士、奴隶和俘虏们也被迫从事这样的工作。

从大约公元前 200 年起，行省政府逐步接管了道路修建，由承包商负责施工，政府进行监督。罗马帝国时期，这样的合约颇为盛行，引发了许多欺诈行为。

在罗马帝国早期，政府把筑路任务委托给一位执政官，他会像克劳狄和弗拉米尼乌斯那样以自己的名字来命名某条特定的道路。在颁发勋章、竖雕像、立纪念碑甚至有权建凯旋门等种种报偿的刺激下，后来的皇帝、将军和富翁也常常这样做。当时，特殊的官员——例如像元老院议员——通常被授权监督交通。公元前 22 年，随着有关公共和私人道路的立法越来越复杂，奥古斯都大帝为修建特定的道路、管区和市镇而创立了常设委员会，直接受控于皇帝本人。后来，尼禄皇帝还创造性地设立了监督副理一职。尤其是在帝国后期，许多地方权贵都任职于委员会，那时修建道路已不如养护道路重要了，各行省

513

的道路由省督和经他提名的人员来管理，这些职权此时又都被国家官员收回了。

为筑路筹措资金是一个老问题。最早的时候，筑路的钱都是在对外征服中掠夺来的。公元前111年，一部旨在让沿途居民为道路修建及养护交纳份子钱的土地法出台了。一般情况下，筑路都是从国家税收中直接拨款，有些时候皇帝或私人会承担这笔费用。奥古斯都就承担了弗拉米尼乌斯大道的大部分费用，余下的部分则由赫赫有名的萨比努斯（C. Calvisius Sabinus）将军负担，他曾在意大利东北部的里米尼为皇帝修造了凯旋门在里程碑上，有些人或统治者为我们留下了与这些行为有关的文字。一些像努塞利亚这样的城镇被准许收取费用，以便为筑路筹措足够的资金。对于次要的公路，也采用同样的资金筹措办法。

514

客运体系的支柱是公共车道和国家邮政、信使服务体系[23]，国王只要在首都罗马城用函件就能完全控制全国，这起源于公元前3世纪。当时，元老院议员动用车辆出行时还需要向国王提出申请，后来才由恺撒下旨允许自由出行。地方行政长官有自己的信使，包税人（公司）也有自己的急件信差。这种综合了邮政、客运、货运的服务体系有严格的章程，主要的干道上不仅有马站供旅客更换马匹，而且还有规模较大的驿站和客栈（住房）提供更多的便利，河流上有渡口，海路上有快速大帆船、小快艇等。通行证严格规定了许可使用的交通工具的种类和数量，也严格规定了住宿旅馆时的服务级别。在支路或非主干道上旅行时，还需经过特许。

克拉布拉利亚（*clabularia*）是一种重型四轮牛车，最大载重量为1500罗马磅（492千克），可运送军火、羊皮书或纸草书、来自帝国各地的产品等各种东西。这种车速度很慢，夏季用8匹马或者牛来拉，冬季要用10匹。级别比较低的官员只准使用这种车，病人和要赶远路的士兵也可以用这种车。一些特殊急件和贵重金属则由其他种类的

车辆运输，例如：(a) 勒依达 (*raeda*)，一种骡子拉的四轮大车 (夏季用 8 匹骡子，冬季 10 匹)，最大载重量 1000 罗马磅 (330 千克)；(b) 卡鲁斯 (*carrus*)，一种四轮大车，最大载重量 600 罗马磅 (198 千克)；(c) 复利达 (*vereda*)，最早是女士专用车，用 4 匹骡子拉，能坐两三个人，最大载重量 300 罗马磅 (99 千克)；(d) 两轮皮罗泰 (*birota*)，用 3 匹骡子拉，最大载重量 200 罗马磅 (66 千克)，能坐一两个人 (边码 540—545)。专差服务包括乘马和驮马，最大承重量 100 罗马磅 (33 千克)。只有特定的客栈才提供拉车的牲口，而且在特定站点必须进行更换，政府向当地百姓强征饲料来喂这些牲口。客栈也是收取各项税款的办公场所。只有级别比较高的官员和他们的家属以及皇帝的信使，才能动用专差服务[24]。国家邮政运输的速度一般为每天 50 罗马里，即 75 公里 (平均每小时 5 罗马里)。一些特殊信使有时可以达到这个速度的两倍，但是考虑到中途停留时间，记载中的最高速度不超过 24 小时 240 公里[25]。在公元前 51 年，省督西塞罗 (Cicero) 有过日行 24 英里的记录。

罗马人曾经试图通过缩短陆路运输时间和增加道路容量来缓解大城市的运输难题，最终他们在绝大部分陆海运输中采取了强制服务的手段。马厩由强征的劳工义务修建，客栈里有四分之一的马匹从附近地区百姓那里强征而来。由于政府的滥用以及横征暴敛养护费用，庞大的道路系统逐渐毁坏，要求自由开放军用和官用道路的呼声越来越高，地方政府不堪重负，无法有效管理道路。到了君士坦丁时代 (312—337)，帝国财政部门的主要税收来源日渐枯竭，随着私有企业完全被帝国兼并，陆路和海路交通的规模逐渐缩减到原来的一小部分。瓦伦蒂尼安一世 (Valentinian Ⅰ)、尤里安和狄奥多西 (Theodosius) 实施的激进改革，也只起到了暂时缓解的作用。

515

古代陆路交通的大部分问题是人们未能有效地使用拉车的牲口造成的，这首先应该归咎于古代马具的结构。那时候的马具还不是现

在这样从肩到颈再绕过胸前用皮带缚住（边码557起），而只是一个简单的套在马或骡子的脖子上的套子，这样牲口拉起来非常费力（图486）。那时，一匹牲口最多只能拉62千克，只有现在的四分之一。况且，人们唯一加大牵拉动力的办法是增加拉车的牲口，但这同时也增加了车轭的数目。罗马人始终不知道如何让牲口前后成纵列来拉车，一字横排的牲口不仅因为缰绳多了而增加了驾车的难度，而且在一定程度上减少了总的能量输出（图506）。

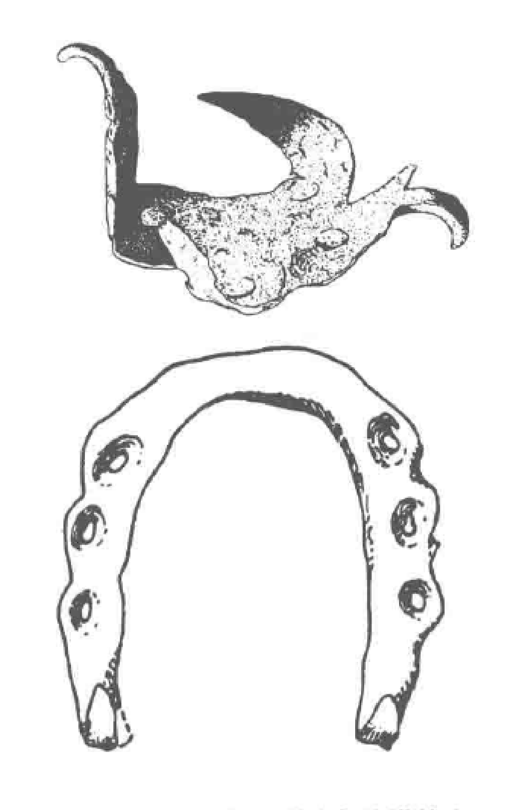


图469 （上）奥地利哈尔施塔特出土的罗马时期的马蹄铁。（下）卡穆罗图纳姆（科尔切斯特）的前罗马时期的马蹄铁。

古代的马不钉马蹄铁（边码561）。尽管给牲口钉蹄铁的历史由来已久，但是古时候只有在道路特别坚硬或特别滑的时候才会在马、骡或骆驼的蹄上临时包上金属、皮革或麦秆（图469上）。给马蹄钉上永久性马蹄铁（图469下）的做法，大概是在公元前2世纪前后由史前欧洲的日耳曼游牧部落传入。在罗马北部地区，人们很早就开始给马钉马蹄铁，只是直到8世纪才普遍采用。后来使用紧夹住马蹄的一种马蹄铁开始流行，并由此在欧洲各地发展出多种样式。9世纪时，利奥大帝（Emperor Leo）在《战略》（Tactics）一文中提到了马蹄铁、缰绳和马镫。当时，罗马人对这些东西还一无所知。对他们来说，这样骑马就会变得比较困难。没有缰绳和马镫，骑兵就缺乏战斗力[26]。

516

14.6 港口、码头和灯塔

地中海沿海地区的文明与港口、码头建筑技术的发展密切相关。罗马帝国统治着整个地中海海岸，它的大部分港口坐落在和原先港口

同样的位置上，但早年残留的设施大多湮没在罗马人较大规模的港口建筑中了。数百年的闲置，加上冬日的海水侵蚀，甚至摧毁了后来建的设施。只有那些被沙子和淤泥掩埋的古代港口得以幸存下来，我们现在才可能研究它们的具体布局情况。

大多数古代港口可以追溯到腓尼基时代。最近的空中和水下研究结果，进一步证实了人们对提尔和西顿的认识。当然，现在我们仍然很难把腓尼基建筑与希腊建筑或罗马建筑区别清楚。对于那些腓尼基人殖民迦太基期间修建的港口，在外观上对照阿庇安（Appian）的描述，我们可以找出很多罗马建筑风格（公元2世纪）的痕迹：

港口之间相互连接，有一条70英尺宽的共用通海入口，入口处可用铁链封闭。第一个港口是供商船使用的，各种船具都放在那里。第二个港口里有一个小岛，环绕港口和小岛，间隔分布着一些大码头。筑堤内满是船坞，有220艘船的舶位以及堆放船用工具、设备的仓库。每个船坞前面都有两根铁柱，因此，港口和小岛都像一排连起来的门廊。小岛上建有指挥室……指挥室相当高，这样指挥官就可以俯瞰整个海面的情况，而海面上的人们再怎么靠近也无法看到指挥室里的任何动静……商船不必穿过船坞便能通过几条通道从第一个港口驶出[27]。

这些描述并不完全符合迦太基港口遗迹的真实面貌。那里确实有直径约300米的水坞残迹，水坞中央也有小岛，但是到目前为止，人们挖掘出土的文物还无法证明前面提到的指挥室或者相邻码头的存在。当然，也可能是由于年代久远，港口内的石材已经几乎被偷盗一空了。关于这些迦太基的港口设施还有一个疑问：为何它们会被罗马帝国原封不动地保留下来呢？要知道，对罗马人来说，已经没有任何来自海上的威胁，普通的商船也比罗马和迦太基交战时期使用的战船要大得

517

多(边码 573 起)。

和迦太基一样，古雅典城也有结构复杂的港口设施。这些建在比雷埃夫斯的港口的情况，可从文字记载以及考古资料里了解一些。主要的港口肯塞鲁斯位于阿克特海角的西面，防波堤筑起了一条仅 50 米宽的水道入口，入口处附近有一个带船坞的海军码头，再往里去是一个很大的供商船停泊的商用码头。齐俄和穆尼齐亚的海港要小一些，都位于海角的东面，专供海军使用，有滑道可供拖曳船只。利用这些滑道，比雷埃夫斯可以容纳至少 372 艘船。从遗迹来看，这些滑道有一长排，彼此紧挨着，并用柱廊支撑屋顶(图 470)。滑台高出地面，但有向水面倾斜的坡度，中央呈脊状，用来放置船的龙骨。每个滑道可以放下一艘梁宽 5 米、长 30 米的船只。不过，必须强调的是，这

518

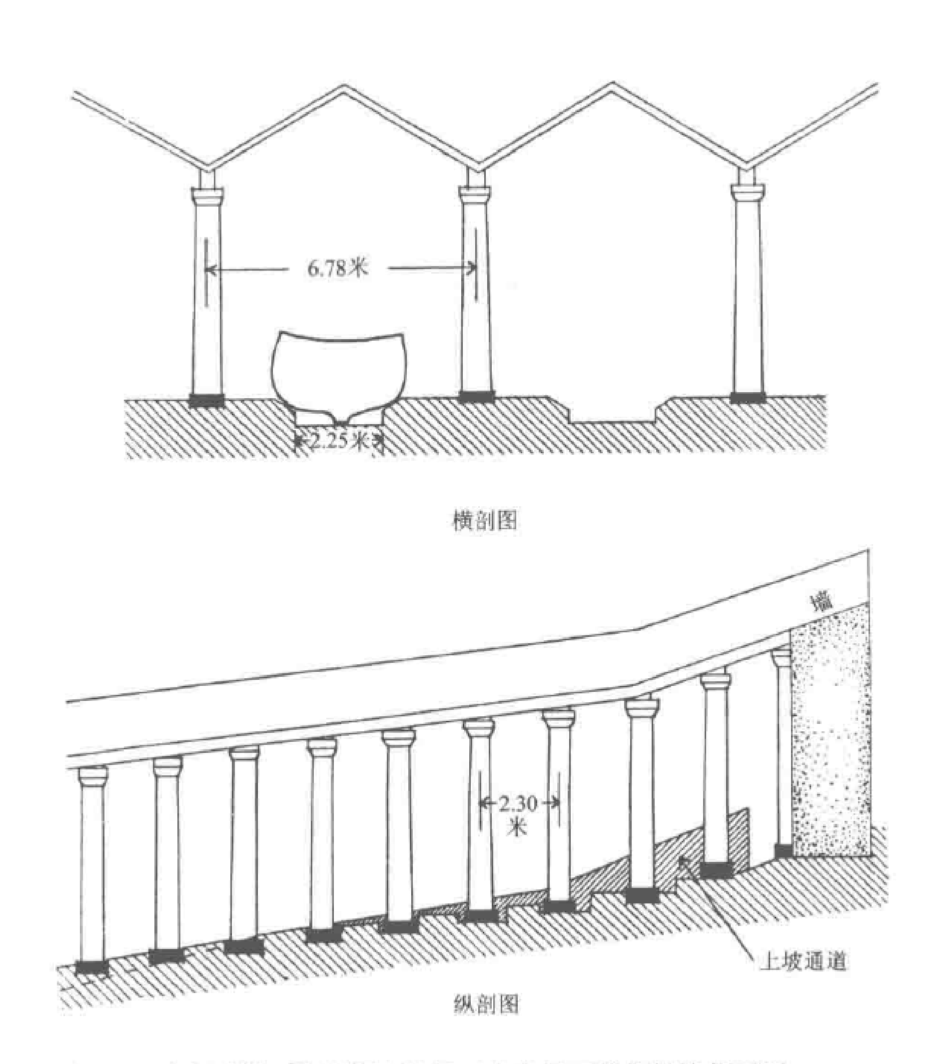


图 470 中部希腊西海岸阿卡纳尼亚的奥尼亚戴的船坞截面图。

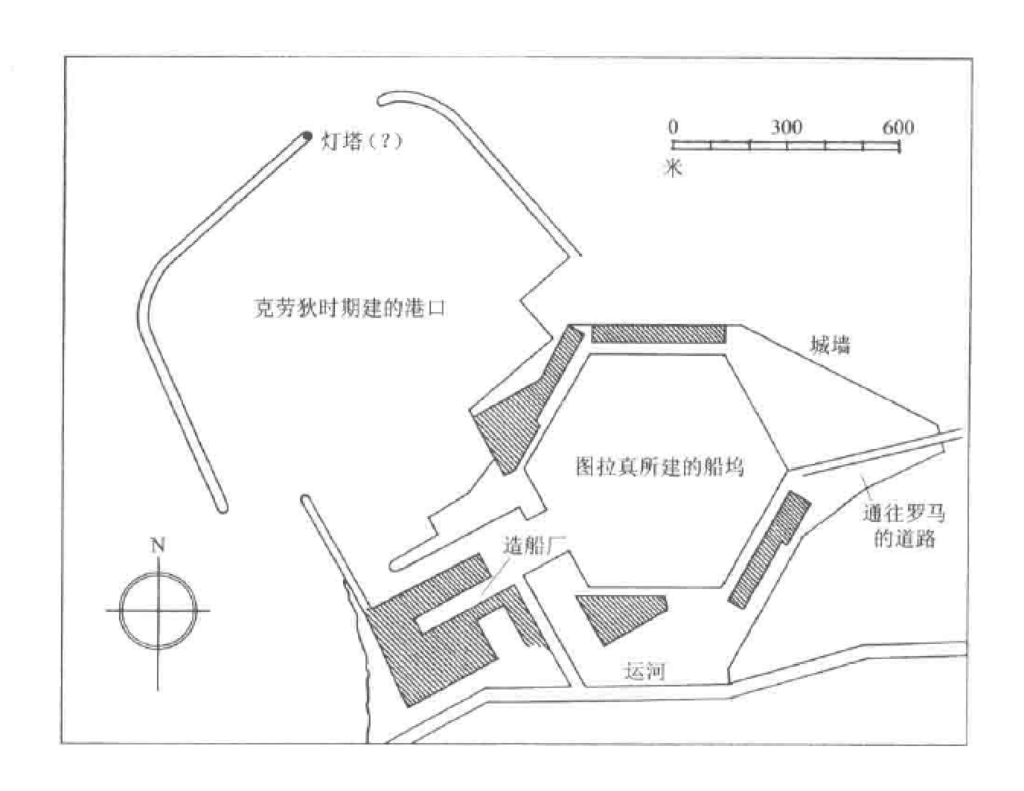


图 471　由克劳狄建于公元 46 年、位于波图斯的罗马港示意图。
内港口以及码头和船坞是后来由图拉真（98—117）加建的。

些滑道是供战船使用的，不太可能供大型商船使用，因为大型商船有时长达 60 米，宽达 12 米。

总的来说，罗马时期的港口建筑保存得比先前的那些完好得多。在台伯河入口处，靠近奥斯蒂亚的罗马帝国时期的港口基本上被挖掘出来。位于波图斯的第一个人工港（图 471）被简称为罗马港，公元 46 年由克劳狄皇帝修建。当时，老的奥斯蒂亚港开始被河流带来的沉积物淤塞。人们修建了两条延伸到海里的大型防波堤，围出了一处 1000 米见方的区域。其中一条防波堤建在一艘大型废船上，卡利古拉（Caligula）曾经用这艘船将埃及方尖碑运送到罗马。在这条防波堤上竖起了一座高耸的灯塔，它后来成为伊特鲁里亚海岸最著名的航海路标之一。当年的克劳狄港所在地，如今只剩下一片土墩和混凝土地基，有关它的构造详情已经无法轻易重现。

后来，图拉真进一步改造了罗马港，新建了一个六角形内港，宽 700 米，有一个宽敞的仓库和其他一些设施。港内码头由混凝土和砖

519

块砌成，码头边上都有突出的在水平位置凿了洞的石头，船只停靠时可用它系泊缆绳，并固定系船柱。水坞的深度有 4—5 米，铺了巨石做地基，以方便疏浚从江河汇入的泥沙。此外，入口处近端还有一个 250 米 ×40 米大小的水坞，可能是充作干坞用的，不过没有明显迹象表明它紧收的入口如何关闭并排水，迄今也没有挖掘出起重机和滑车之类能从船上卸重物的设备。袋装的粮食、瓶装的油或者酒，无疑都是人工卸货的，但那些从国外拉回首都的大柱子和大理石块，无疑需要用其他手段才能卸货。

所有古代地中海港口中，大莱普提斯（莱卜代，Lebda）或许是保存最完好的，位于非洲海岸迦太基和亚历山大城（图 472）之间。这里显示的港口由当地人在塞维鲁（193—211 在位）统治时期修建，海水只侵蚀了防波堤的较外缘部分，港口内部的防波堤至今非常完好。港口面积大约是 360 米 ×300 米，由两条防波堤围成，它们之间有一条 80 米宽的通道。西边的防波堤向海面伸出 100 米，最前面有一座灯塔。整个水坞周边不到 1000 米的范围内，分布着一些用大石灰石块砌成的码头，码头后面是一些有着漂亮廊柱的大仓库。在适当的位置都有一个仅略略高出水面的平台，供船只卸货之用，平台砌有向外

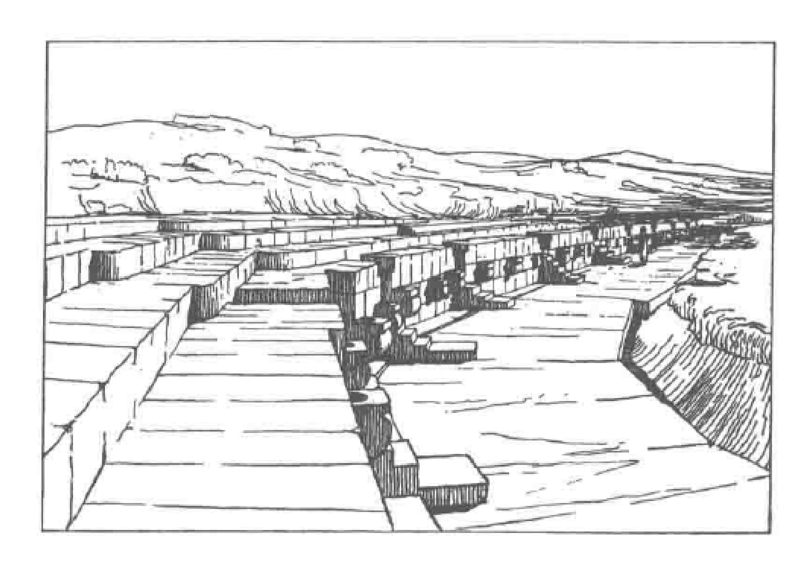


图 472　北非大莱普提斯的一座码头的复原图。
建于 193—211。

520 突出的石头，中间凿了洞，以固定直立的木制系船柱。在矮平台上，每隔一定距离筑有通往码头的石阶。

阿奎莱亚位于亚得里亚海海角，那里也发现了非常相似的遗迹，比如泊船码头同样砌有向外突的石头，凿洞固定木制系船柱。不过，这里的港口是河港，只有50米宽，没有海港里那种大型水坞的痕迹。有意思的是，在大莱普提斯，船只入港后并不马上系泊在陡直的码头边上，而是先泊在矮平台边上卸货。

我们所叙述的港口，从技术上看是资料最丰富的，但在地中海沿岸其他很多地区也能找到罗马港口的踪迹。在安齐奥、奇维塔韦基亚、波佐利、泰拉齐纳这些地方，都能看到大型防浪堤的遗存，表明那里曾为港口建设花费了大量的劳力。这些工程需要专门的维护，因为冬季的暴风雪会损坏港口设施，海沙的蚕食直至今天都会构成威胁。不少大港口缺乏系统的维护，在中世纪早期就逐渐荒废了。其中的部分原因是，那时的人们总是更愿意使用那些不怎么需要维护的港 521

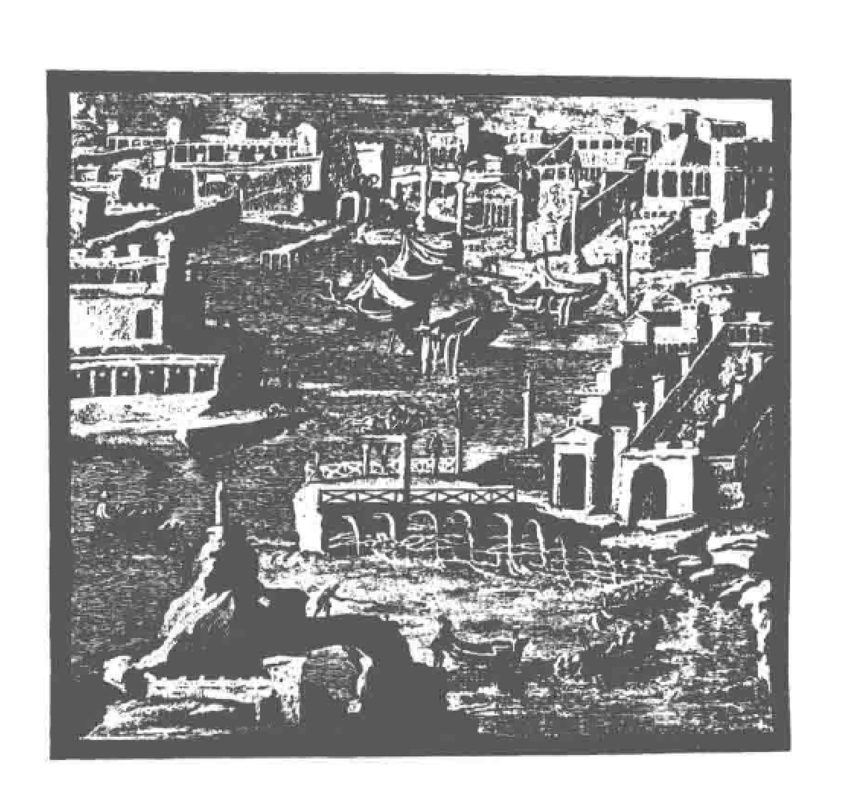


图473 罗马港口（可能是波佐利港）。出自那不勒斯附近的格拉尼亚诺发现的一幅壁画。1世纪。

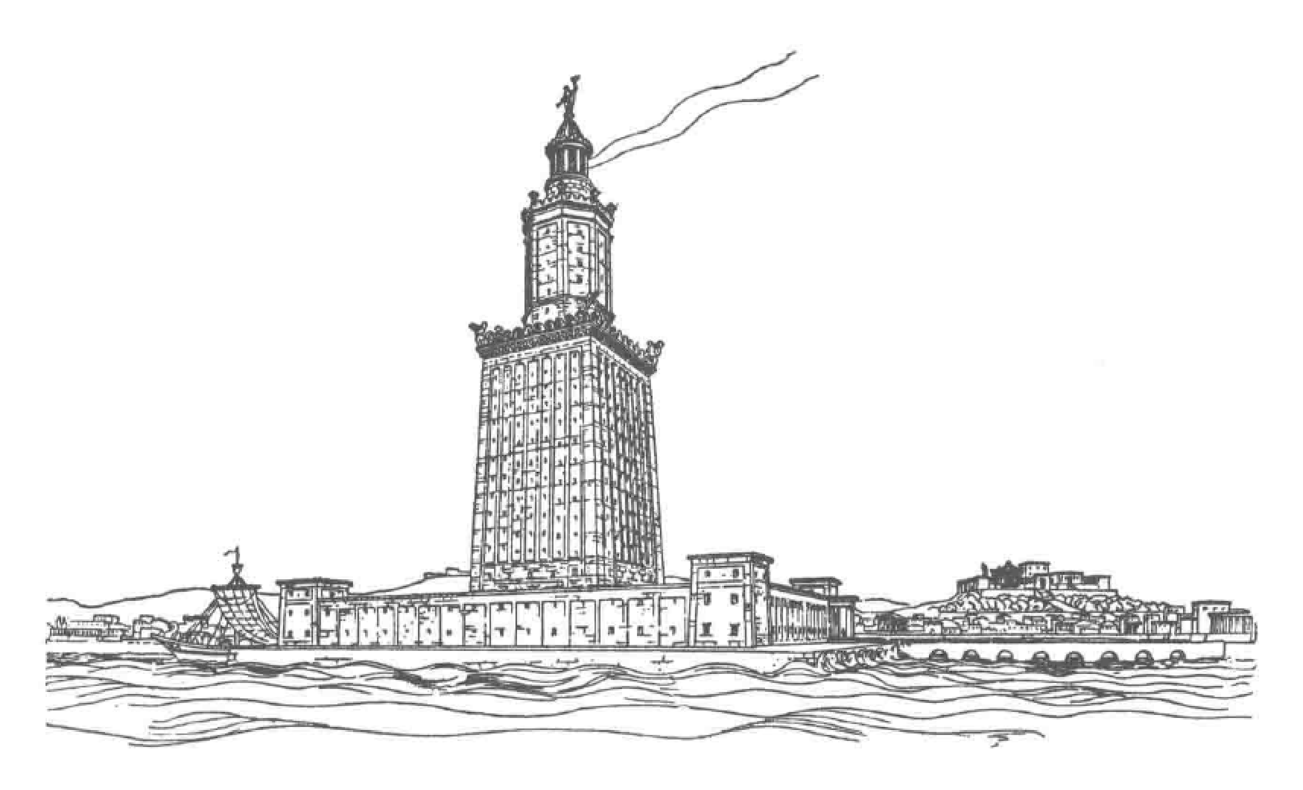


图 474　亚历山大城灯塔和港口设施的复原图。
由索斯特拉图斯约于公元前 280 年设计。

口。此外，政治原因导致罗马、迦太基和亚历山大城都相继丧失了海上优势。只有亚历山大城后来重新取得了海上优势，但那已是较晚近的事情了。

最后，再介绍几个有代表性的古罗马时期的港口和船坞。最好的一个可以从那不勒斯附近的壁画上看到（图 473）。尽管这幅绘于 1 世纪的壁画，是想象出来的场景，但它表现的或许是邻近的波佐利港。波佐利港是罗马时期的一个主要港口，尼禄一度计划从这里开凿一条运河通到首都，但最终还是放弃了。

早先，地中海上的水手主要靠海岸附近山顶的篝火来导航。由于商船的航线较为固定，港口越来越多，灯塔就成为一种必要的设施。然而，古代灯塔的功能并非是向航船警示暗礁或海角，而只是为航船指明通往港口的入口。因此，从现代意义上讲，它们只是港口航标而不是灯塔。

亚历山大城的巨型灯塔是迄今有文字记载的最早的真正灯塔（图 474），公元前 280 年菲立德（Ptolemy Philadephus）统治时期由尼多斯

522 的索斯特拉图斯(Sostratus)设计，高达85米以上，位居古代几大奇迹之列。它建在巨大的方形底座上，底座几乎占了整个灯塔高度的一半。底座上面是一层八角形的建筑，再往上是一直径稍小的圆柱体建筑，建筑的顶上便是灯塔。灯塔的灯由树脂点燃，用磨光的金属面充当大型反光镜以聚集灯光，据说300斯塔德(约35英里)以外都能看得见。这座灯塔毁于14世纪的一次地震，我们现在只能根据一些古老的文献记录和阿拉伯史学家的记载推测它的结构。由于声名远播，它成为所有古代港口灯塔的设计蓝本。

从硬币到各种纪念物，处处可以看到那些高耸陡峭的信号塔都普遍采用了台阶式结构(图524)。意大利最大的灯塔建在通往波图斯的入口处(边码518)，不过它现在只剩下了塔基，塔身高度只能完全凭推测，估计应有4层楼高。从设计图看，下面的3层应该是方形的，建有灯塔的最上面一层则是圆柱形。只有塔顶部的罗马式浮雕和镶嵌物有被烟熏过的痕迹，说明当时只在顶部点灯。另外，在这座塔里没有使用反射镜的迹象。

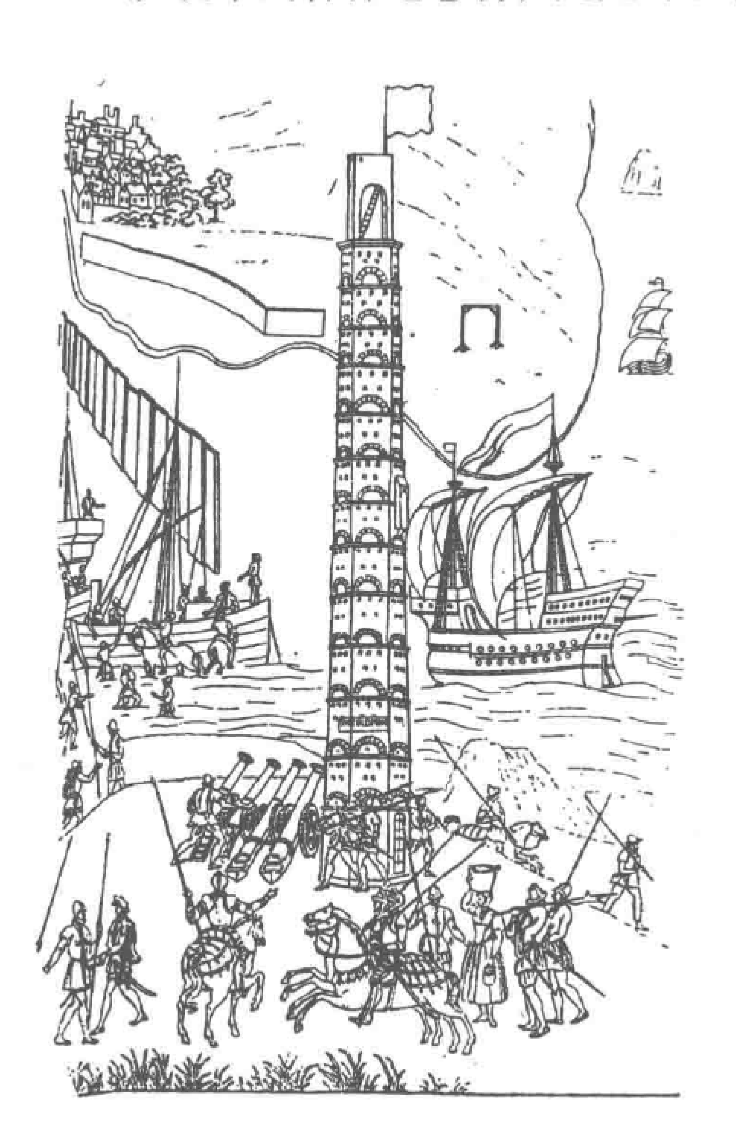


图475 “老者”：位于布洛涅的一座灯塔。根据萨塞克斯(Sussex)的马诺(Cowdray Mano)约1544年的一幅壁画(现已毁坏)而作。

对罗马人建造的其他许多灯塔的详情，我们所知甚少。存留到中世纪令人印象最深刻的灯塔之一是布洛涅

灯塔，它后来在17世纪中叶倒塌了。同时期的图画显示（如果资料来源可信），这座灯塔是12层的结构，将近60米高，每层均呈八角形，越往上截面越小（图475）。

据苏维托尼乌斯（Suetonius）记载，卡利古拉大帝（Emperor Caligula，37—41在位）为庆祝入侵英国（该计划后来夭折了）而建起了一座“极高的塔”，它像灯塔一样，一束灯光从塔顶射向远方，指引船只前进。根据这段文字，我们有理由推测，修建布洛涅灯塔可能就是出于这位狂妄君主的痴迷梦想[28]。

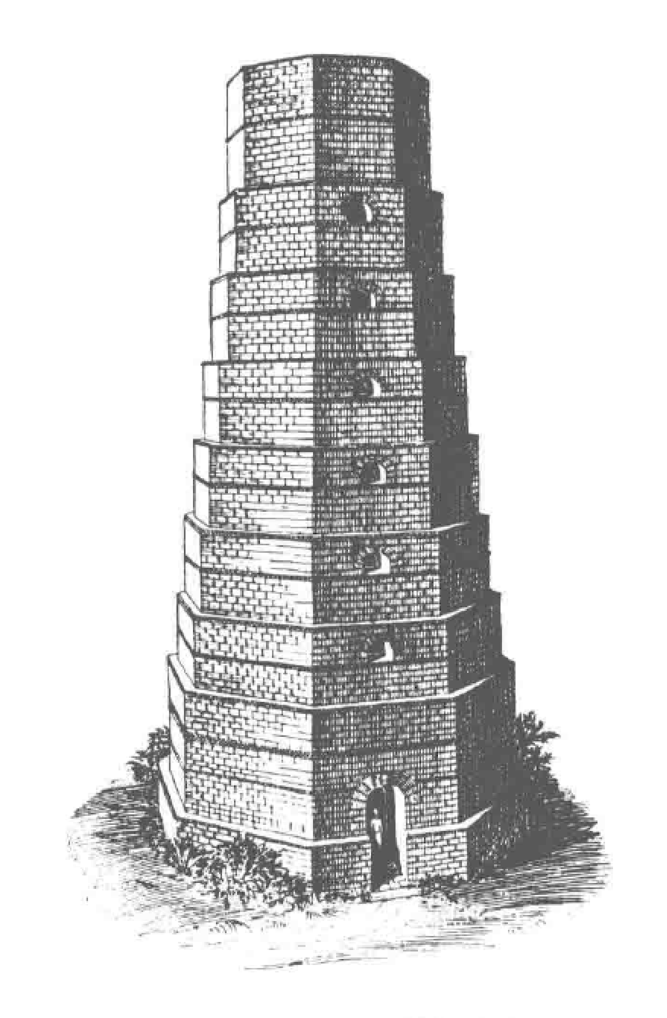


图476 位于多佛尔的罗马灯塔复原图。

523

在英吉利海峡对岸的多佛尔也矗立着两座罗马灯塔，最西边的一座现在只剩下一堆不成形的混凝土。东边的那座情况要好一些，残存至今，紧挨着卡斯托的圣玛丽亚大教堂。它的外形呈六角形，每边长4.5米，塔身内部4.3米见方，残存高度13米，推测的原来高度应该是现在的近2倍（图476）。方形截面的中央塔身显然是带楼梯的木制结构，尽管外墙已严重损坏，但可以清楚地看出它的外部各楼层像布洛涅灯塔一样呈阶梯形结构。

罗马人究竟采用什么方法使灯塔的燃焰经久不灭，相关的技术资料非常少见。主要用木柴作燃料应无疑问，但肯定还加了一些可燃性液体，以便减少燃料的开销，同时保证海边刮起大风时燃焰也不会被吹灭。

对灯塔的需求一直持续到中世纪，甚至在一些主要的罗马港口设施被部分或完全弃用后很久，一些罗马灯塔还在继续使用。新的灯塔刚问世时也许是木结构的，顶上支着火盆。不过，砖石结构的灯塔肯定在1000年后不久就应运而生（图530）。1139年，在热那亚建起了一座砖石灯塔。来航的那一座则在1304年落成并保留至今，它由石料砌成，高51米，内部为7根直径逐渐缩小的鼓形石柱，外部为2层结构。吉伦特山口处的科尔杜昂灯塔始建于1584年，它是已知最早直接建于岩石上并饱受海浪拍打的灯塔。然而，直到17世纪的最后几年，接近现代结构外形的新型灯塔才开始认真建造。

14.7 中世纪的道路和交通

罗马帝国的崩溃意味着中央集权的瓦解，所有以罗马为中心的道路修筑和维修系统以及邮政服务系统都随之衰败。其后几个世纪经济支柱也难以集中。只是在击败南边的穆斯林武装和西边、北边的北欧海盗之后，西欧才开始重新布局。这时发生了一些小小的变化，欧洲不再以地中海为中心，而是向西拓展到了大西洋。在拜占庭帝国和伊斯兰帝国时期，交通干道没有什么变化，罗马和希腊时期遗留下来的道路仍在使用和养护。9世纪时，伊本·赫达兹比（Ibn Khurdādhbih）还记述了有930个驿站的邮政体系。尽管早在10世纪时，底格里斯河上最后一座古代桥梁便倒塌了，但整个系统只是慢慢地垮掉。

西部的罗马道路使用了很长时间。不过，许多道路到了中世纪末，已无法通行，这是因为农民需要建筑石材而肆意拆卸铺路石板，再就是一些地主逐渐侵占道路。罗马帝国灭亡后的几百年间，由于交通压力大幅下降，一些道路还保存得相当完好。一些早期的圣人传奇中曾提到几条道路，它们的留存便于传播思想和手稿，并运送各种货物。

即便在最黑暗的年代里，许多城镇的修道院和官员也都用信使来

传递信件。和罗马时期的情况类似，在多数情况下，信使有正规的服务部门，随身带着通行证和身份证明。他们出差大多靠步行，直到13世纪才开始普遍使用马匹代步。

关于中世纪交通、旅行、道路地形方面的资料，我们手头相对比较少[29]。尽管在理论上地主有义务维护道路，但他们往往不尽义务，所有的道路和桥梁都是靠强制征用劳工来养护的。这种做法显然不很成功，因为只有在城市才能对劳工进行有效的管理。因此，为了对道路和桥梁进行比较好的维修和保养，道路管理税增加了。但是，中世纪不断增长的贸易往来还得支付名目繁多的其他通行税，以及道路、河流、海洋、市场的关税。整个中世纪期间，英国每年的通行税一直不断增长，但还是低于法国和德国。在德国，几条汉萨同盟大道相对免税，其他地区的通行税却逐渐阻碍了国内的贸易往来。 525

尽管地主们经常抗议因拒修自己领地中的道路而被课罚金，但他们有时也请愿要求收取通行税。市政当局也经常因为修路或修桥而付钱给私人，人们认可保养公路是一种责任和义务。12世纪，教长兄弟友好协会（Congrégation hospitalière des frères pontifes）在法国和意大利修建了许多桥梁。1315年，虔诚的慈善家支付了达勒姆附近的道路维修费。僧侣修道院、互助会、行会纷纷踊跃捐款，王室到了13世纪也经常领头认捐。公有财产是13世纪法国部分法规的内容之一，而在英国的习惯法中，“国王之路”一词不仅指军用道路，还包括所有通往城镇和集贸市场的大道。1353年，爱德华三世（Edward Ⅲ）曾下令重铺通往威斯敏斯特的道路，这条道路在1314年已经铺过。

526 许多道路是罗马时期遗留下来的，不过更多的是为了逃税而在原来道路的基础上改道或者另筑的。中世纪的交通发展增加了对道路的需求，大量的朝圣者涌向罗马、康波斯特拉以及其他圣地，单是从法国到康波斯特拉就有4条道路。贸易市场和定期集市的增加，要求有多种交通路线提供服务。大部分情况下，在原有的罗马时期老路附近



图 477　修筑中的巴凡—图尔奈（Bavai-Tournai）大道。出自 15 世纪佛兰芒人的一幅手稿插图。
图中表明，四腿凳已被使用，习惯的铺路方向是从后往前。

往往还有两条或更多的新路，例如巴黎和里昂之间就是这样。

11 世纪，人们用手推车推或者由搬运工背，从莱茵河地区翻过阿尔卑斯山向波河流域运送各种商品。12 世纪时，贸易主要集中在罗讷河流域，然后转到热那亚，虽然这样路程远了 3 倍。13 世纪，因为阿尔卑斯山道路翻修，原来的贸易通路得以重新使用。有时候，罗马时期的道路充满泥泞，这时人们就更愿意走新路。随着主要交通工具的发展，人们心目中的道路标准也逐渐改变。罗马时期的道路主要是行军道，交通工具对道路发展的影响很小（边码 515）。到了中世纪，干道逐渐改进，大多是在松软的沙地上铺一些鹅卵石或碎石，这能避免热胀冷缩造成的不利影响，易于维修，最后成为主流的道路结构。

国家修建的石块路（*chemins ferrés*）是在沙地基础上铺上大石块，

然后用灰泥（由沙子、石灰和淤泥混合而成）粘牢。还有一些道路是在沙或土的基础上铺设砂砾或碎石，类似古代那种夯紧的石街（*lithostrata*）。类似韦尔布里和桑利（1322年）之间的鹅卵石路，是根特镇为发展和巴黎的贸易而出资敷设的。15世纪巴凡和图尔奈之间的路，则在雅克·德·吉斯的《埃诺志》（*Chroniques de Hainaut*）中有记录（图477）。另外，法国和佛兰芒的铺路工坐在四腿凳上从后往前铺设鹅卵石，德国的铺路工则习惯坐在独腿凳上后退着铺路（图478）。



图478　一名德国铺路匠正在用一条独腿凳铺路面。出自纽伦堡的门德尔（Mendel）相册，大约1456年。

中世纪早期的苦力扛着货物或推着载货的小车在道路行进。许多货物装载在两轮推车上，更多的则用一种四轮推车（图497），还有一种农用平板推车，载重量是两轮推车的3倍左右。另外，人们还使用驳船或其他船只运货，但不用驮马。在平原地区，运货速度是每天22—35公里，因为这时已有了较好的马具能让马跑得更快更久。因此，尽管道路状况并不太好，但交通费用还不至于过分昂贵，从科茨沃尔德运送羊毛到加来加价约40%。在13世纪，每80公里运程羊毛一般加价约1.5%，粮食则加价15%。这虽然比较合理，但比起海运来还是贵得多，加斯孔的酒海运到赫尔或爱尔兰，所需的费用只是陆运的10%。实际上，由于中世纪时期交通运输设施的高效率，使贸易中发生的运输费用比例比今天还要低。真正导致贸易成本攀升的原因，主要是政局不稳定。

527

信使和旅行者多半是步行或骑马，坐货车旅行还不被许可。通常情况下的每天行进路程，在平原地区约 50 公里，山区约 40 公里，这个速度跟古代差不多或稍快些。尽管从前的那种寄宿住宅已经不复存在，一些私人住宅、小旅馆和救济院（宗教组织建的朝圣者住所）却可以为旅行者提供方便。据估计，多数道路平均每年运货量为 1000 吨左右，有的还要更多一些。有数据表明，仅在 1370 年，经慕尼黑附近的 3 条盐道输送的盐达 7000 吨。

14.8 城市街道和卫生设施

在城市道路系统的发展和养护中，中央政府的重要作用从一开始就凸现出来。在新月沃地和印度河流域的一些古代城市，政府时常关注铺设街道、排水和照明等，这应视作早期出现的交通和环卫设施。

印度河流域城市的直角格局对未来的城市规划有一定的示范作用，政府显然试图避免以后的城市道路建成拐弯抹角的样式。房屋有明显的斜面，并且不像某些现代东方的集市建筑那样侵占街道的地盘，所有房屋都有厕所和浴室，污水排放到街道排水沟里（第 I 卷，图 296）。另外，房屋还有垃圾槽，往往通到街道边上的垃圾箱，街上设有垃圾桶，以方便人们丢垃圾。废水从密闭的砖砌坑排到排水沟里，砖砌坑的出口位于排水沟的四分之三高度，这有点像最早的化粪池。

528

每条街道都有 1—2 条排水沟，设置在地面下 18—24 英寸处，大小为 9 英寸 ×12 英寸或 18 英寸 ×24 英寸，上面覆盖石板或其他顶盖。街道通常是东西或南北方向，部分大街宽达 15—33 英尺，平均宽度为 9—12 英尺。虽然发现过用砖块呈人字形铺设，嵌以石膏、灰泥或沥青的地面，但绝大多数街道地面并没有铺筑过。后来（公元前 800 年），人们才开始用捣烂的泥土和陶瓷碎片铺筑地面。再后来，人们就不太为铺路材料操心了。

在印度孔雀王朝时期（公元前323—前160），尽管古代教科书中声称城市规划非常理想，街道也很宽，但实际情况并没这么好[30]。在皮德和塔克西拉出土的文物表明，这些城镇的街道有10—12英尺宽，中央有1—2英尺宽的沟。房屋的地下室入口设在屋内，古代作家对此早有记载，而且“和雅典一样，这座城市被狭长无序的街道分割”[31]。在这里，我们几乎找不到石板或碎石砂砾铺的路面，而当时的作家说“国王真该每年让那些有罪的犯人去修路”，或者“修路两边的排水沟”[32]。

很久以前，古代美索不达米亚就开始倾向于修建方形的街区。大部分街道都不铺路面，有些下水道通过一些横向排水沟和住宅的厕所相通，埃什努纳就是如此设置的（第Ⅰ卷，图295、图297）。大部分街道相当窄，垃圾也都直接扔在街道上。尽管用沥青胶粘的砖块地面早在公元前2000年就已出现，但很少用石板铺筑路面，石板路面只限于那些通往寺庙的道路（边码494）。在亚述和新巴比伦王国时代，石板路面才变得较为常见，人们开始注重城市的格局和市容。古代近东地区乃至古埃及也是这样，虽然这两处并没有完整的古城出土。

米诺斯文化时期克诺索斯（Knossos，公元前1900—前1700）宫殿的排污和下水系统非常完善（第Ⅰ卷，图349），但是我们对其民居设施还了解得不多。比起克诺索斯，古希腊时期就差远了。古希腊的城市一般都没有系统的城市规划，直到公元前15世纪中叶，米利都的希波丹姆（Hippodamus of Miletus）才采用了亚里士多德的城市规划[33]。城市规划在希腊化时期产生了总体效果，宽敞的道路规划也是在这个时期问世的。亚历山大城的主要街道宽达30米，小街也有6—7米宽。在老城镇中，街宽很少超过4—6米。像米利都一样，一些通往寺庙的大街有20米宽。从雅典到比雷埃夫斯码头的大街宽14—15米，但从集市到卫城的小街却只有5米宽。当时的城市街道

529

总体上还比较窄，比较脏，也不铺筑路面。在修昔底德(Thucydides)笔下，斯巴达城的街道是“泥泞的乡村小路”[34]，埃利斯集市没有铺筑路面，常用来遛马。特班的军队在普拉蒂亚黑暗而又泥泞的街道中迷失了方向，结果被打败了(公元前431年)。

古希腊有些街道用石板或夯紧的碎石铺筑路面，有时再用石灰泥胶粘起来。后一种方法形成了一种碎石路面，它要求有性能良好的排水沟。根据斯特拉博的记载，在罗马人统治之前还没有出现道路排水系统[35]。较老的碎石路面不仅缺乏排水系统，而且因为人们直接向街上倒垃圾、泼污水，导致通行困难。阿里斯托芬(Aristophanes)就曾抱怨过雅典泥泞污秽的路面，政府为此采取了措施，责成雅典的房屋管理员监督清道夫对街道进行排污和清扫。公元前320年通过了一项法令，正式禁止把垃圾丢在街道上，占用街道搭建阳台之类建筑物的行为也要受到惩处。街道两侧沿房屋挖掘了排水沟，用石板盖住的排水道不规则地纵横排布在街上。除了一些希腊化时期的大城市，一般城市都还没有人行道。大部分城市禁止马车或牛车进入。古时候喜欢把街道建得比较狭窄，人们认为那样可以避免风所带来的潮湿和疾病[36]。这些街道难得有路灯照明。有专门的行政部门负责街道的维护保养，他们的工资由市政府或有钱人支付。

在公元前400年以前，古意大利城镇就有了街道。罗马街道的出现则要晚于高卢人入侵(公元前390年)时期。在重建被大火烧毁的城市时，罗马人采用了早期铁器时代方形街区的方案，基本布局很单一，就是纵横交叉的两条大街。罗马的新殖民地和城市都采用了类似的规划，军队的营盘和要塞也都严格地据此部署。公元前4世纪，罗马广场最先铺上了矩形石板[37]。大约在公元前295年，战神庙通往卡普安城门的一条人行道上铺设了方石。公元前189年，人们用花岗石铺砌了一条路(边码28)[38]。

530 按现在的标准看，古罗马城镇的街道是狭窄的。除了主要街道有

约23英尺宽以外，一般的街道宽度不超过16英尺。奥古斯都限制建筑物高度不得高于70英尺，图拉真又把这个高度降低到60英尺。因此，房屋的层数限制在5层以内，好在屋内的灯光还能映到街上。除了像宗教节日或体育比赛这类公众活动的日子，白天一律禁止车辆通过。建筑材料（公用设施材料除外）及其他大件物品只能在黄昏到清晨之间运送。恺撒在公元前47年再次颁布法令，只许在晚上运送垃圾、废弃物等。克劳狄、奥勒留等皇帝也颁布了类似的法令。乘人力车、骑骡、坐轿子等，都被视作不礼貌的行为。房屋入口处的人行道（图版34B），阻碍了马车径直驶入住宅的庭院。同时，罗马人还认为窄的街道比较卫生。

到了公元前174年，铺筑路面的街道在罗马已变得普及起来，通常使用的是玄武岩石板，小街的铺砌路大致占了街宽的一半。差不多同一时间，阿拉特里或波佐利等一些地方城镇的街道也铺了路面。对于庞贝城这样的被完全发掘出来的城市的铺路历史，我们了解得比较多。一直到公元前200年，那里街道的碎石路面还相当宽阔。一个世纪以后，人们采用了一种波斯风格的房屋设计（图版29B），开始修建狭窄的拱廊街道。在帝国时代（提姆加德，兰拜西斯，杜加），这种风格相当典型，石板路面变得非常普遍。最后，从公元前50年起，房屋侵占街道的情况趋于严重。屋主们占用了门前的街区，街道常因屋主围的链条或设置的踏脚石变得狭窄，车辆不能通行。踏脚石的设置，可让行人横穿街道而不湿鞋（图479）。

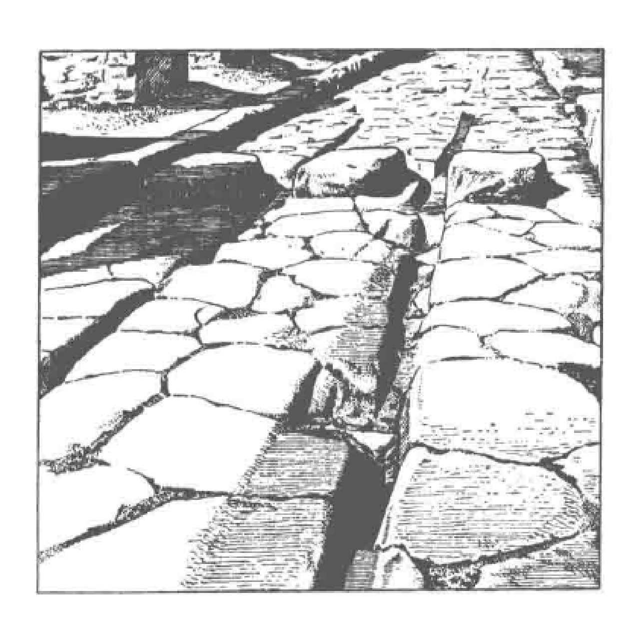


图479 庞贝城的街道，路面上铺设了石板，图中显示了车轮辙道和踏脚石。

在公元前47年恺撒颁布法

令之后，各个城镇更热衷于铺设路面。这项法令禁止人们将垃圾扔到大街上，并规定要定期清扫街道。奥古斯都规定了街道的宽度，其中，大街宽 40 英尺，中街宽 20 英尺，小街宽 12 英尺，小巷宽 8 英尺。这些规定和庞贝城遗址中街道的宽度相吻合。小街用路边的镶边石固定，11—17 英尺宽，按一定间隔设置排水沟，并汇入封闭的下水道中。

罗马人采用了伊特鲁里亚人的办法，修建下水道来排放路面积水。

531

下水道深 14 英尺、长 11 英尺，约建于公元前 500 年，用来排放广场的污水，现今还能发挥功用。罗马城原有由 3 条小溪构成的天然排水系统，后逐渐改造成下水道。这个排水系统一直到公元前 300 年还在使用，因而普林尼曾自豪地把罗马城比作“悬空的城市”[39]。罗马居民家里的洗澡水、盥洗废水都直接排放到下水道里，厕所的水也是这样。罗马的许多城市有公共厕所，在波佐利平均 45 个人一个，在提姆加德平均 28 人一个。在 315 年时，罗马城有 144 个冲水公共厕所。

最早在街道上安装路灯的城市是安条克。大约在 450 年，那里的人们用柏油火炬为街道照明。灯笼是古代最有名的照明工具，常见的是带锥顶的圆形和方棱形灯笼。人们最初把灯笼放在一个羊角或者云母做的托盘里，后来改用玻璃盘。这些灯笼有金属制的、木制的和陶制的[40]，有的点蜡烛，有的用油灯，种类繁多。有钱人家的掌灯奴要为走夜路的主人提灯照明，提着灯笼的掌灯奴雕像随处可见。自公元前 1 世纪起，卡普阿就已经大量制造便携式灯笼。

在安条克使用路灯照明之前，罗马城镇的主要街道一定是靠商店和悬挂在居民住宅门上的灯照明的。在庞贝城阿邦丹扎大街约 500 米长的路段上，至少有 285 盏灯悬挂在门上或房屋的突出处[41]。在庞贝城“第二大街”576 米的范围内，132 家商店挂起了 396 盏灯，长达 700 米的“通往阿塔比的大道”上则有大约 500 盏灯。在街道拐角神像下面，以及基督教德尔图良（Tertullian）信徒家里的神龛里，也都装了照明灯。后来，狄奥多西大帝（379—395）禁止为神像点灯。

许多寺院和墓地也在夜晚点灯照明，交通并不像人们想象的那样因为缺乏路灯而受阻。到6世纪时，路灯在东部地区已经非常普遍。

尽管这方面资料有限，但可以推断中世纪时期情况更糟糕。西欧大部分的城镇都是新建的，建设初期根本没有考虑铺设路面或者装路灯。直到12世纪，德国的一些城镇才开始铺设路面[42]，不过进展缓慢，直到很晚的时候（吕贝克是1310年，伯尔尼和缅因州的法兰克福是1339年，纽伦堡是1368年，雷根斯堡是1400年）才普及了铺设路面，中小城镇纷纷模仿。早期的街道有时用碎石铺筑路面，后来开始用石板、鹅卵石，甚至砖块等（图版38A、38B）。

532

人们直接把垃圾倒在街上，尽管按法律居民们有义务打扫街道，但是法律常常不被重视。只有当王室造访或者举行庆典活动时，人们才进行一番大清扫。然而，有些城镇却严格执法（格丁根1330年，梅赫伦1348年）。到中世纪末期（纽伦堡1490年），街道清扫已成为一项公共服务项目（图480）。当时的猪沿街乱跑，虽然有时用水冲洗街道，但街道的排污系统老出问题。晚上，只有一些桥上有路灯，许多街道被铁链拦住。



图480　一名德国清道夫正在工作。出自纽伦堡的门德尔画册，约1456年。

在亚历山大·内克姆时代（Neckam，1157—1217），巴黎的街道长年失修而且泥泞不堪，罗马时期铺设的路面所剩无几，拉丁语中巴黎（*lutetia*）一词确是从泥巴（*lutum*）一词派生出来的。人们常把垃圾甚至便溺物倒在马路中央无盖的下水道里，行人走路时得穿笨重的厚底高筒靴。入夜时分，由于街上没有路灯，若要外

出须有掌灯引路人才行。但入夜后，室内会透出少许灯光。马匹可以进入城里，但是马车不行[43]。

当时，英格兰的道路状况好不了多少。在剑桥，国王命令市长和大法官负责修好街道路面，并强令每个住户必须铺好屋前的路面，修路的钱则由向各种商品征收的修路税来充抵。爱德华一世曾批准北安普敦征收修路税（1284 年），并赋予其他一些城镇同样的权利（南特威奇 1277 年，切斯特 1279 年，剑桥 1289 年，利物浦 1329 年）。这项修路税是按照商品的重量和运输工具的种类来征收的。有时，一些有公益心的市民也会捐资修筑路面，伦敦市内及其邻近的 36 条道路就这样在 1358—1509 年间全部筑成。

在伦敦，每个市议员指定 4 名“有德之士”负责维修和清扫街道（1280 年），后来慢慢演变成了清道夫（1364 年），并接受街道检查官员的管理（1390 年）。到了 14 世纪，原由市民分揽的筑路活计转由专职筑路匠来完成。南安普顿有一支城镇铺路匠队伍。1482 年，伦敦的铺路匠则在 1479 年成立了城建公司并根据 1301 年颁布的伦敦法令获得了可观的薪水，其中有些人后来成了有地位有影响的人物[44]。

533

这些铺路匠用鹅卵石和沙子铺设集市和广场的路面，用碎石和沙子铺设小巷的路面，路面上的缺口常常就用笤帚束或木石屑填上。在铺路面时，并不清除原有的路面，而是直接在上面再铺一层，路面整体上变得不断增高。铺筑的路面由铺路匠用手锤夯实（图 477—478），大街的路面则由马车的铁轮压实。马车被禁止使用铁轮后，人们就用在车轮上钉钉的方法加以保护，这样把路面搞得更糟。后来，又规定除了平头钉以外，其他钉子一律不许使用（图 506、图 497）。允许使用的交通工具中，包括独轮手推车、拖车、雪橇等[45]。

人们常常占用街道修建畜栏和悬挂式阳台。因此，中世纪时有专门负责的官员骑着马，将长矛搁在马鞍上，不时地到各城镇巡视，检

查街道是否被占用，并对违规者处以罚款。重车只能在规定的街上行驶，并从规定的城门出入，但是人们常常不遵守这些法令。在各个关卡经常出现堵车的现象，超速赶车或疏忽驱车的事故和诉讼屡有发生。法令规定居民每周打扫一次门前的街道（通常在周六），并把垃圾倒在城墙外的粪池里或者扔进河里。尽管如此，人们还是花了好几百年的时间，才把城市环境恢复到古代管理得较好的城市的水平。

相关文献

[1] Evans, Sir Arthur (John). 'The Palace of Minos', Vol. 2, Part I, pp. 60–92 and map. Macmillan, London. 1928.

[2] Hunger, J. 'Heerwesen und Kriegführung der Assyrer auf der Höhe ihrer Macht.' Der alte Orient, Vol. 12, no. 4. Hinrichsen, Leipzig. 1911.

[3] Luckenbill, D. D. 'Ancient Records of Assyria and Babylonia', Vol. 1, p. 75, no. 222. University of Chicago Press, Chicago. 1926.

[4] Torczyner, H. *et al.* 'Lachish I. The Lachish Letters', p. 79. Oxford University Press, London. 1938.

[5] Dossin, G. *Rev. d'Assyriol.*, **35**, 174, 1938.

[6] Jensen, P. *Z. Assyriol.*, **15**, 238, 1901. Landsberger, B. *Ibid.*, **35**, 215–16, 1924.

[7] Herodotus I, 186. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 230 ff., 1920.)

[8] Ungnad, A. 'Babylonische Briefe', no. 15. Hinrichsen, Leipzig. 1914.

[9] Reisner, G. 'Tempelurkunden aus Telloh', no. 129, IV, 9. Mitt. aus den orientalischen Sammlungen der Kgl. Museen no. 16. Berlin. 1901.
Wiesner, J. 'Fahren und Reiten in Alteuropa und im alten Orient.' Der alte Orient, Vol. 38, nos. 2–4. Hinrichsen, Leipzig. 1939.

[10] Calder, W. M. *Class. Rev.*, **39**, 7–11, 1925.

[11] Xenophon *Anabasis*, I, v, 7. (Loeb ed., *Hellemca*and *Anabasis*, Vol. 3, p.288, 1921.)

[12] *Idem Cyropaedia*, VI, ii, 36. (Loeb ed. Vol. 2, p. 168, 1914.)

[13] Forbes, R. J. "The Coming of the Camel" in 'Studies in Ancient Technology', Vol. 2. Brill, Leiden. 1955.

[14] Strabo XVI, C 748. (Loeb ed. Vol. 7, p. 234, 1930.)

[15] Steffen. 'Karten von Mykenai', Textband, p. 8. Publ. of Deutsches Archäologisches Institut. Reimer, Berlin. 1884.

[16] Homer Iliad, XXII, 146. (Loeb ed. Vol. 1, p. 352, 1919.)

[17] Pausanias Description of Greece, X, v, 5. (Loeb ed. Vol. 4, p. 392, 1935.)
Idem Ibid., II, xv, 2. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 322 ff., 1918.)
Idem Ibid., X, xxxii, 2. (Loeb ed. Vol. 4, p. 554, 1935.)
Idem Ibid., II, xi, 3. (Loeb ed. Vol. 1, p. 304, 1918.)

[18] *Idem Ibid.*, X, xxxii, 8. (Loeb ed. Vol. 4, p. 558, 1935.)
Idem Ibid., VIII, liv, 5. (Loeb ed. Vol. 4, p. 166, 1935.)
Idem Ibid., I, xliv, 6. (Loeb ed. Vol. 1, p. 240, 1918.)

[19] Aristophanes The Frogs, lines 110–12. (Loeb ed. Vol. 2, p. 306, 1924.)

[20] Statius *Silvae*, IV, iii, 40–48. (Loeb ed. Vol. 1, p. 220, 1928.)

[21] Plutarch *Vitae parallelae. Caius Gracchus*, vii, 1. (Loeb ed. Vol. 10, pp. 212 ff., 1921.)

[22] *Idem Ibid.*, vii, 2. (Loeb ed. *ibid.*).

[23] Knapp, C. *Class. Philol.*, **2**, 1–24; 281–304, 1907.
Idem. Class. Wkly, **28**, 177, 1935.
Wells, B. W. *Class. J.*, **19**, 7; 67, 1923–4.

[24] Desjardins, E. "Les Tabelarii, courtiers porteurs de dépêches chez les Romain." in Bibl. Éc. haut. Étud., Fasc. 35, pp. 51 ff. Paris. 1878.

[25] Ramsay, A. W. *J. Rom. Stud.*, **15**, 60, 1925.

[26] Jacobi, H. *Germania*, **6**, 88–93, 1922.

[27] Appian Roman History, VIII, xiv, 96. (Loeb ed. Vol. 1, p. 566, 1912.)

[28] Suetonius *Vitae XII Caesarum. Caligula*, xlvi. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 474 ff., 1914.)

[29] Feuchtinger, M. E. 'Der Verkehr im Wandel der Zeiten seit dem Jahre 1000.' Verein Deutscher Ingenieure, Berlin. 1935.
Jusserand, J. J. 'English Wayfaring Life in the Middle Ages.' Benn, London. 1950.

[30] Dutt, B. B. 'Town Planning in Ancient India.' Thacker, Spink, Calcutta. 1925.

[31] Philostratus *De vita Apollonii Tyanensis*, II, xxiii. (Loeb ed. Vol. 1, p. 180, 1912.)

[32] *Sūkranītisāra*, ed. by B. K. Sarkar: 'The

Sukraniti', p. 35, nos. 516–39. Sudhindranātha Vasu, Allahabad. 1914.

[33] Aristotle *Politica*, II, viii (1267b), trans. by B. Jowett in 'Works of Aristotle', ed. by W. D. Ross, Vol. 10, pp. 22 ff. Clarendon Press, Oxford. 1913.

[34] Thucydides I, x, 2. (Loeb ed. Vol. 1, p. 18, 1919.)

[35] Strabo XIV, C 646. (Loeb ed. Vol. 6, p. 246, 1929.)

[36] Nielsen, H. A. *Arch. Hyg., Berl.*, **43**, 85, 1902. Hugill, W. M. *Class. Wkly*, **26**, 162, 1932. Garrison, F. H. *Bull.N. Y. Acad. Med.*, second series, **5**, 887, 1929.

[37] van Deman, Esther B. *J. Rom. Stud.*, **12**, 4, 1922.

[38] Livy X, xxiii, 13. (Loeb ed. Vol. 4, p. 446, 1926.) *Idem*. XXXVIII, xxviii, 3. (Loeb ed. Vol. 11, p. 94, 1936.) Mommsen, T. *Hermes*, **12**, 486, 1877.

[39] Pliny *Nat. hist.*, XXXVI, xxiv, 104.

[40] Loeschke, S. *Bonn. Jb.*, **118**, 370, 1909. Robins, F. W. 'The Story of the Lamp and the Candle.' Oxford University Press, London. 1939.

[41] Spano, G. Atti Accad. Archeol. Lett. Arti Napoli, new series, Vol. 7, Pt. II, pp. 1–128, 1920.
Lamer, H. *Philol. Wschr.*, **47**, 147, 1927.

[42] Heil, B. 'Die deutschen Städte und Bürger im Mittelalter', pp. 104–7. Teubner, Leipzig. 1921.

[43] Boutteville, M. R. *Rev. sci., Paris*, **71**, 609, 1933.
Holmes, U. T. 'Daily Living in the Twelfth Century.' University of Wisconsin Press, Madison. 1952.

[44] Thorndike, L. *Speculum*, **3**, 192, 1928. Sabine, E. L, *Ibid.*, **9**, 303, 1934. *Idem. Ibid.*, **12**, 19, 1937.
Salusbury, G. T. 'Street Life in Medieval England.' Pen-in-hand Publ. Co., Oxford. 1948.

[45] Baudry de Saunier, L. *et al.* 'Histoire de la locomotion terrestre', Vol. 2, p. 70. L'Illustration, Paris. 1936.

参考书目

总论：

Daremberg, C. and Saglio, E. (Eds). "Pharu." in 'Dictionnaire des antiquités grecques et romaines', Vol. 4, Part I, pp. 427–32. Hachette, Paris. 1904–7.

Forbes, R. J. 'Notes on the History of Ancient Roads and their Construction.' Allard Pierson Stichting: Univ. Amsterdam. Archaeol. Hist. Bijdr. no. 3. Amsterdam. 1934.

Wycherly, R. E. 'How the Greeks Built Cities.' Macmillan, London. 1949.

非洲：

Goodchild, R. G. 'Roman Roads and Milestones in Tripolitania.' British Military Administration, Department of Antiquities, Tripoli. 1947.

Salama, P. 'Les voies romaines de l' Afrique du Nord.' Imprimerie Officielle du Gouvernement Général de L' Algérie, Algiers. 1951.

亚历山大：

Thiersch, H. P. 'Pharos: Antike, Islam und Occident. Ein Beitrag zur Architektu rgeschichte.' Teubner, Berlin. 1909.

巴尔干：

Ballif, P. 'Römische Stra β en in Bosnien und der Hercegovina' , Part I. Bosnisc-Hercegovinisches Landesmuseum, Vienna. 1893.

法兰西与日耳曼：

Déchelette, J. (Ed.) 'Manuel d' archéologie préhistorique, celtique et gallo-romaine' , Vol. 6, Part II, Section i: Grenier A. 'Les routes.' Picard, Paris. 1934.

大不列颠：

Codrington, T. C. E. 'Roman Roads in Britain.' Society for Promoting Christian Knowledge, London. 1918.

Margary, I. D. 'Roman Ways in the Weald.' Phoenix, London. 1948.

Idem. 'Roman Roads in Britain' , Vol. 1. Phoenix, London. 1955.

Wheeler, Sir (Robert Eric) Mortimer. "The Roman Lighthouses at Dover." *Archaeol.J.*, **86** , 29–46, 1929.

536

意大利：

Ashby, T. 'The Roman Campagna in Classical Times.' Benn, London. 1927.

See also articles on individual roads which have appeared in the *Joumal of Roman Studies*and the Papers of the British School at Rome.

地图：

Kiepert, H. *Formae orbis antiqui.* Reimer, Berlin. 1894.

Ordnance Survey. 'Map of Roman Britain' (3rd ed.). Ordnance Survey Office, Southampton. 1956.

Tabula Imperii Rornani. International Map of the Roman Empire. Sheets published by various authorities in various countries in association with the Central Bureau of the Carte Internationale du Monde au millionième. 1930–53.

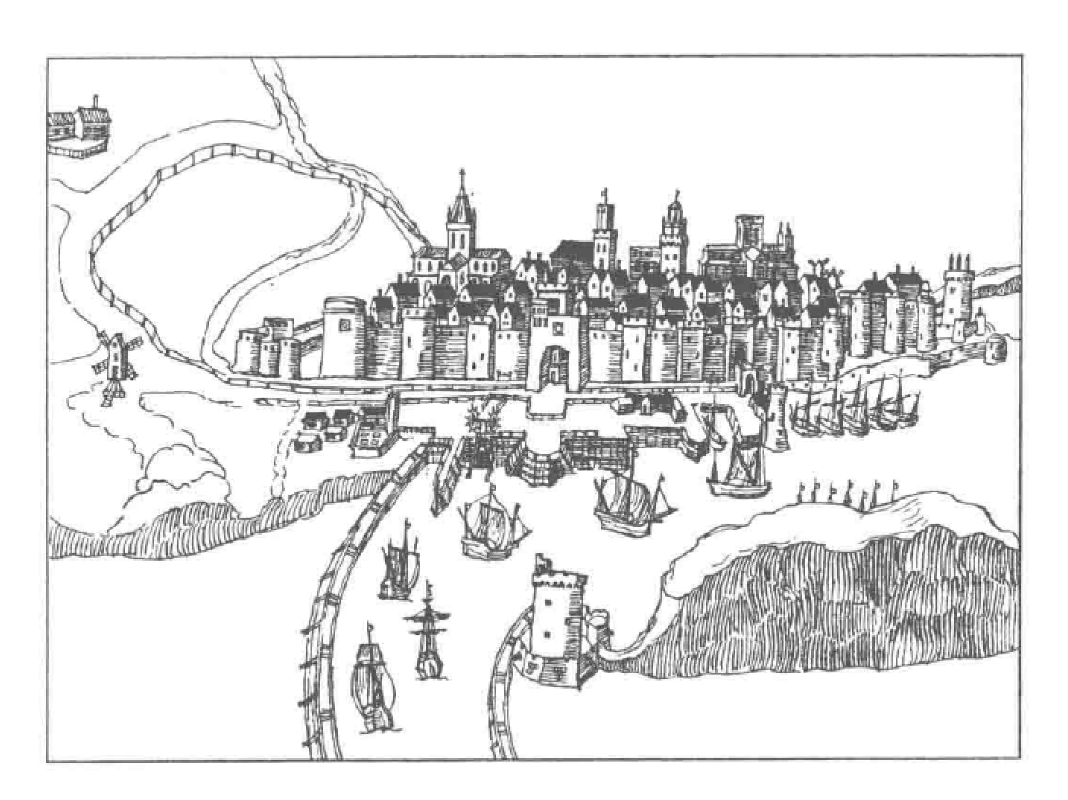
桥：

Horwitz, H. T. "Über urtümliche Seil- , Ketten-und Seilbahn-Brücken." *Technikgeschichte,* **23** , 94–98, 1934.

Johnson, F. M. and Giles, C. W. Scott (Eds). 'British Bridges, an Illustrated a nd Historical Technical Record.' Public Works, Roads and Transport Congress, London. 1933.

Thomas, W. N. 'The Development of Bridges.' Parker and Gregg, London. 1920.

Watson, S, R. and Watson, W. J. 'Bridges in History and Legend.' Jansen, Cleveland, Ohio. 1937.



一张由佩蒂（Thomas Pettyt）于1546年设计的加莱港图纸。
图中画的是一个筑有防波堤的港口和一座塔楼。这座塔楼可能是作灯塔用的，也可能仅仅是为了防卫港口的入口。图中出现的在海边的单柱式风车十分有趣，这似乎表明，进口的谷物在输入内陆之前已被就地磨碎。

第 15 章 车辆和马具

E. M. 约普(E. M. JOPE)

537

15.1 综述

在本章考察的两千年中的大部分时期，轮式车辆通常用于运输货物和载客。不断扩张的罗马帝国的大都市地区是这样，许多偏远坎坷的土地上同样如此，尽管那里的人们也在使用牲口驮东西和用雪橇运输。因此，西方文明是依赖轮式车辆进行运输而发展起来的。在中世纪的日常生活中，两轮马车和四轮马车司空见惯。在中世纪的英格兰，这样的车辆也被广泛使用，既用于农场，也用于大批量货物的运输，甚至延续到盎格鲁-撒克逊时期。在整个中世纪，人们更愿意采用陆路运输而不是水路运输，因为水路运输易受反复无常的水旱灾害的影响。英格兰的主要出口商品羊毛，大部分是用马车经陆路从西部运往东部和南部的港口(边码 527)。

中世纪的道路比通常想象的要好。16 世纪的人口增长使道路使用率相应增加，同时车辆数量本身也不断增长，这一切都使 17 世纪时对道路的抱怨同样增长。在整个中世纪，遍布欧洲大部的运输商彼此展开竞争。为赢得从意大利大城镇到欧洲阿尔卑斯山以北地区的运输业务，瑞士在 1338 年左右开始修建通过塞普蒂默山口的驿道。这可能是通过阿尔卑斯山的第一条马车道。

运输车辆的重要性增强了，战车的使用却衰落了。尽管英雄时代

的希腊战车是武器装备的重要组成部分，但到古典时期已经被废弃。在罗马人那里，战车只是作为仪仗队和用于竞赛而保留了下来。机动性最好的进攻部队是骑兵。在罗马时期，唯一有效使用战车作为作战车辆的是西方的凯尔特人。正是由于他们，战车开始流行。事实上，许多与车辆相关的拉丁语术语都源于凯尔特语。在其后的帝国时期，由于经济条件的改善和基督教的传播，甚至在庆典中都不让使用战车。在后罗马时期的欧洲，战车传统的唯一代表是富户的私人轻型旅行车。在罗马和中世纪各国的部队里，轮式车辆的实际功能是用作极其重要的辎重车。 538

在中世纪使用的许多车辆，都是按照非常古老的传统形式建造的。对运输最重要的技术贡献，无疑是御马牵引挽具的变化。像役牛一样使用胸带和肚带、轭和拉车杆，曾使许多马在拉车时十分不舒服。直到后罗马时期，它们才改成填垫肩套和辕杆或缰绳。这种改进是东西方错综复杂的相互影响的结果，尽管起源可以追溯到罗马世界和同时期的中国，但直到12世纪才完全形成现代的样式（边码552起）。

人们有效使用马的最重要进展体现在牵引和骑乘，这似乎是从东方传到西方的。马是大草原上生长的，而新的马具可能是由萨尔马特人、帕提亚人、萨珊人和其他具有草原传统的民族发明的，在罗马晚期或随之而来的后罗马时期最早出现在西方。这可能是受罗马军队中强有力的东方因素的刺激，并且与骑兵和大炮的重要性日益增强相关。然而，这一点无法得到证实，某些改进（尤其是马镫）也很可能是在嗣后几个世纪中与东西方之间的异邦人不断接触中传到欧洲的。带软垫的马鞍以及马镫改变了西方的骑术，这都是草原民族的功绩，马蹄铁则可能是罗马人的贡献。

论述车辆历史时有一个难题，就是在大多数欧洲古今语言中，关于车辆及其部件的名称很混乱。大量古代的和中世纪的术语，几乎没有一个词与任何特定的车辆专一对应。这种混乱情形的一个典型例子， 539

就是希腊语中有关两轮车的常见名词 *hamaxa* 的含义和起源。据说它与 *axon* 或 *axle*（车桥）相关，意味着这种车只有一个车桥。然而，一部又一部字典都主张这个词意指四轮车。在希腊语中，虽然 *hamaxa* 是一个一般性的名词，而且显然常指两轮车，但有时也在其前面加上另一个词 *tetrakuklos*（四轮的）。除非在这样的车上安装轴承，否则它不可能在古希腊有车轮辙道的路上行进（边码 499），何况即使有轴承也并非易事。事实上，希腊语中没有专门的名词表明某种车的轮子数量。在拉丁语的《狄奥多西法典》（Theodosian Code，438 年）中，用 *birota*（两轮的）描述载重 145 磅的轻型车，这就使问题变得复杂化了。其他拉丁语术语——例如 *biga*、*triga*、*quadriga*（来自 quadri-jugae，四轭连接）——最初是指拉车的马的组合数量，而不是像人们时常误以为的那样指车轮的数量。

540

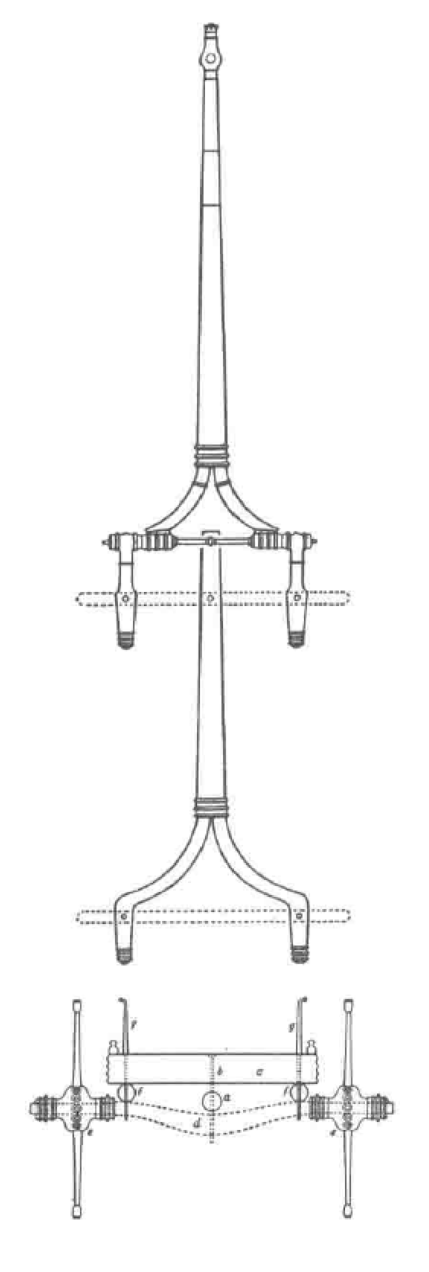


图 481　代比约马车的平面图和前立视图。
它也许是葬礼用的车，在德国南部和法国东北部的凯尔特作坊制作。注意一对旋转的前轮。公元前 1 世纪。

在拉丁语文献中，描述车辆有许多不同的名词，大多来自凯尔特语。*carruca* 一词原意是“犁”，演变成的词意为“运送旅客和行李的四轮旅行车”，或者仅仅指一般的运输车辆。有时，它还能提供长途旅行中睡觉的地方。plaustrum 尽管常用于指“农用车”，但实际是指“某种摇晃的东西”，而且也用来指船。vehiculum 仅仅指“可以承载的某种工具”。在这些词义含混的词汇中，拉丁语“vehiculum”和凯尔特语“*carpentum*”

流传至今，后者成为“木匠”(carpenter)一词的来源(边码 233)。它最初指两轮的轻型车，在后奥古斯都时代甚至指农用车。

所有这些由凯尔特术语转化来的拉丁词，无意间颂扬了凯尔特造车工匠的技艺，这在代比约(Dejbjerg)马车(图版 37A，图 481)和安格尔西四轮马车(图 482)上表现得十分明显。考察《狄奥多西法典》中提到的每种车的最大载重量，也能看到这些术语的词意变化。按照现代重量单位，一辆 *birota* 能载重 145 磅，一辆 vereda 载重 218 磅，一辆 carrus 载重 436 磅，一辆 vehiculuma 或 carpentum 载重 726 磅，而一辆 *angaria* 载重 1089 磅。最后一种车似乎是当时载重量最大的车辆。运送大块的石料或木材则需要用特殊的车辆(边码 545)[1]。

在中世纪的记载中，许多这样的术语仍在使用，但意义常常不

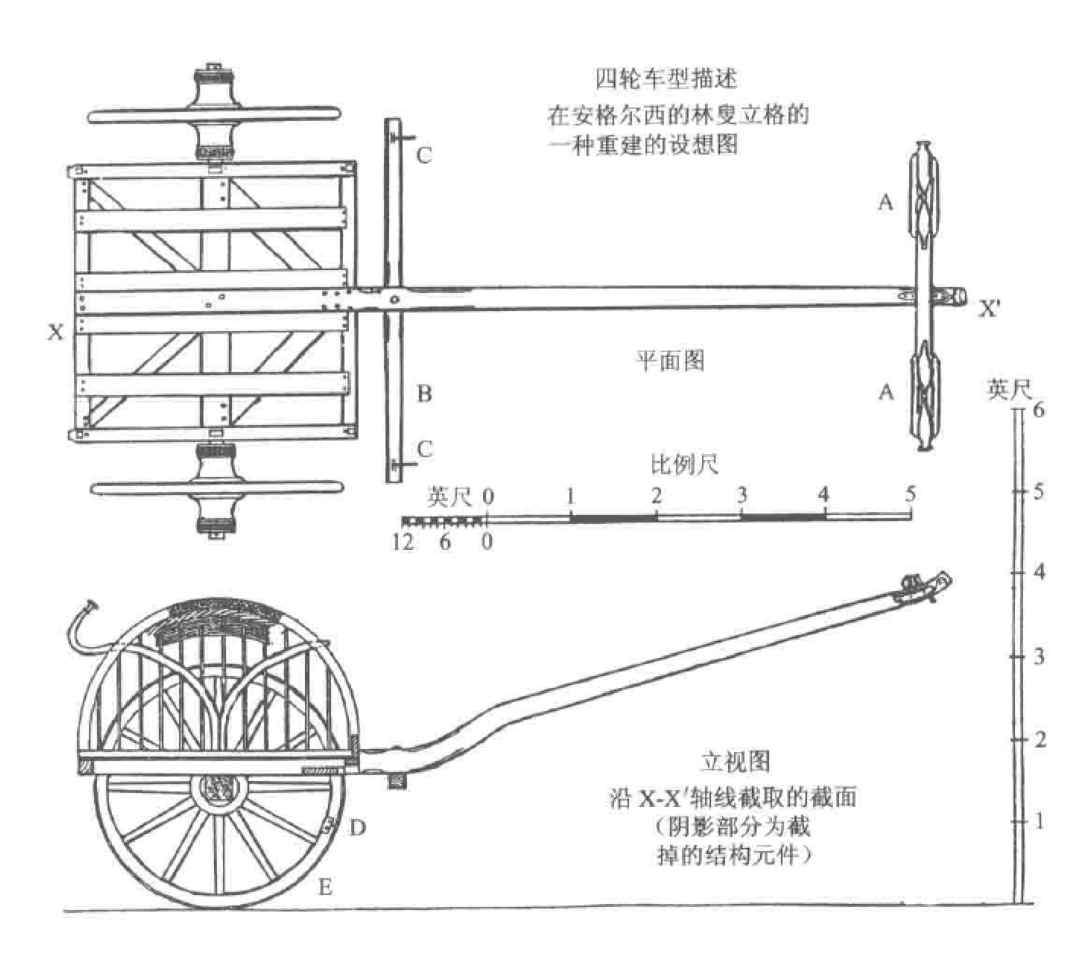


图 482　凯尔特马车的复原图，用于不列颠、法国北部和德国南部：(X-X′　)牵引杆；(A)轭；(B)扣环横木；(C)缰环；(D)轮辋的连结；(E)铁轮胎。

1　大的树干经常被描述成用人力运输，但是没有多少证据可以证实人力运输的普遍性。树干可用作攻城锤。

541 很明确。在这些术语的基础上加上了新术语，原来的术语也变得不纯或含混。*careta* 后来演变成我们的“cart”，最初指两轮车。*caretta longa* 在 13 世纪指四轮车，被朗格兰（William Langland）在《耕者皮尔斯》(*Piers Plowman*，约 1380 年）中译成英语词“long carte”。德语有自己的词 *wagen*（车），英语中的 wagon 和 wain（四轮货车）都由 *wagen* 略加变形而来[1]。英语中的 chariot 是由法语的 *chariot* 和 *charrette* 混合而成，前一个词是“四轮车”，后一个词是“轻型两轮车”。

15.2 古典时期的车辆

战车 在公元前 16 世纪起的迈锡尼时代的希腊，战车是一种重要武器。毫无疑问，它起源于米坦尼以及黑海和里海之间的诸赫梯城市，在希腊世界中历史悠久，可上溯到古典时期之前一千年。公元前 15 世纪出现在埃及的一种典型战车（第 I 卷，图 525）[2]，在这个时期几乎毫无变化。但到公元前 6 世纪，用于战争的战车已大部分消失了。

古希腊的许多绘画都曾描绘了以往英雄时代的战车，它们乘载着驾车人和武士，多用来增强武士的机动性。在图 483 中可以看见武士跳下车来打仗。除了偶然投掷长矛外，很少使用战车本身来进行战斗，542 在战车上射箭被用于狩猎。在战争中，射手是没有防护的，因为车上没有安放盾牌的空间（第 I 卷，图 526—527）。

希腊英雄时代的战车是两轮的。车桥上安装一个轻型底盘，在底盘上竖立起由弯杆搭成的框架，框架之间用交织的皮革条连接起来，或用柳条编织成防护前胸和身体两侧的屏障（图 484—485）。底盘的

1 与第 I 卷相似，“cart”在这里用于指两轮车，“wagon”指四轮车，虽然在普通英语里它们的用法不太严格。

2 木材（主要是桉木和桦木）被用来制作这种埃及战车。这使得北部地区树木被砍光，因为在黑海和里海之间的南部地区它们无法生长。15 世纪晚期的 10 辆战车所需的木材很可能是从米坦尼运来的，但是在埃及，公元前 1435 年有记载表明，制造战车的木材从那时起已是进口的。埃及战车和迈锡尼相似的战车很可能都同样起源于米坦尼—赫梯区域（幼发拉底河流域—亚美尼亚地区）。



图 483　武士跃下希腊战车进行战斗。注意连接马和车桥的挽绳。出自约公元前 500 年的一只希腊花瓶。

板面可能是用皮革条编织的，就像保存下来的古埃及战车一样。用金属板装饰的战车可能比较重。弯状的辕杆连接在底盘上，有时在轭端用一根连接到战车护胸板上的皮革条来支撑辕杆（图 485；第 I 卷，图 525—526）。

这些轻型战车的轮子可在一根固定车桥上转动，并且有 4、6、7 或 8 根辐条，车毂则由车桥销固定。牵引辕杆连接在通常由黄杨木做的轭上，轭被压在牵引杆的一个插销上，并用皮革条绑牢（第 I 卷，图 525）。迈锡尼战车是用两匹马拉的，三匹马、四匹马的组合在其后的英雄时代也时有出现（图 486）。赛车与这些战车相似，但无疑更轻，按照仅乘一名驾车人设计。

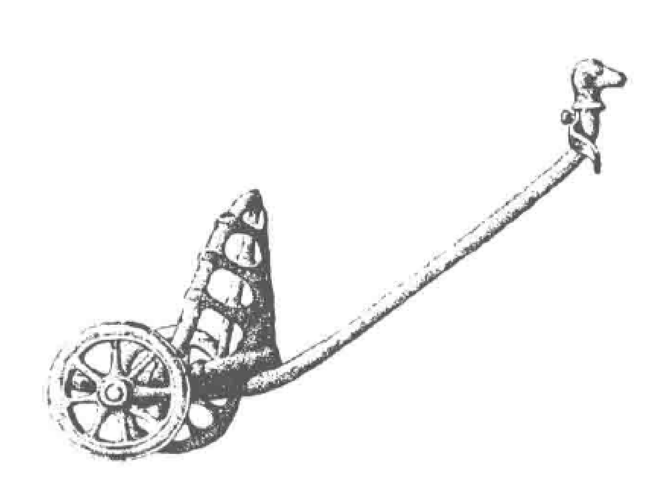
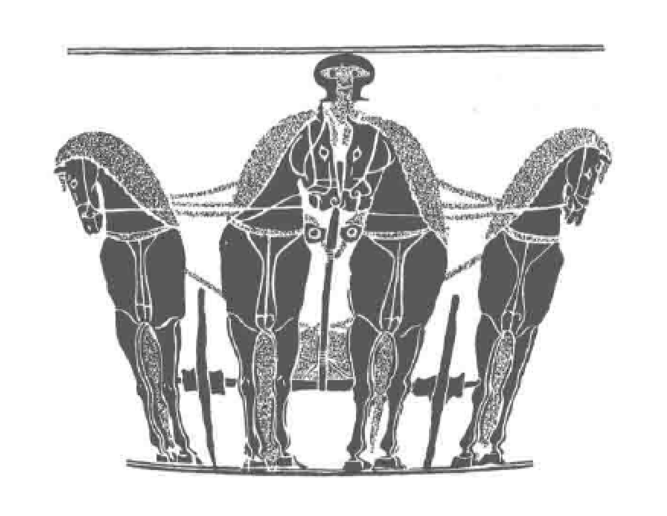
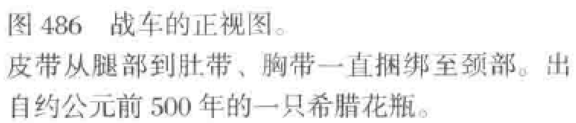


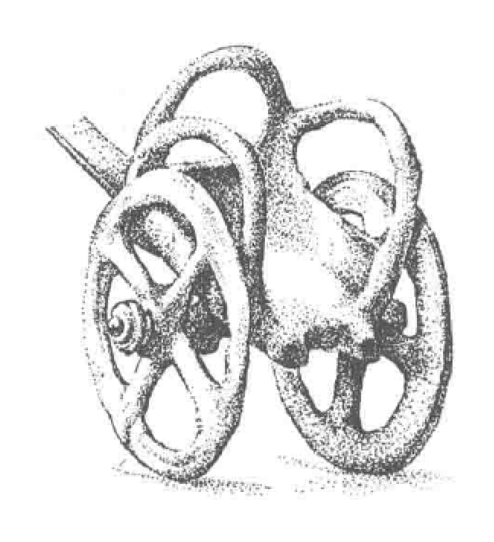
图 484　罗马战车模型。发现于台伯。罗马帝国时期。



图 485　雅典几何形花瓶上的战车。公元前 8 世纪。




图 486　战车的正视图。
皮带从腿部到肚带、胸带一直捆绑至颈部。出自约公元前 500 年的一只希腊花瓶。


图 487　奥林匹克运动会用的战车模型。

伊特鲁里亚人的战车似乎模仿了希腊的战车（图 487、图 488），并且很可能为罗马的赛车和仪仗车提供了模型。但毫无疑问的是，阿尔卑斯山区的凯尔特能工巧匠在设计方面作出了突出的贡献。从公元前 5 世纪到 3 世纪，生活在多瑙河上游到莱茵河中游及马恩河地区的凯尔特人就使用战车打仗。他们很可能沿袭了物质文化形成时期（公元前 5 世纪）的传统，这种物质文化来自希腊人，也可能间接来自伊特鲁里亚人。从酋长墓和其他考古遗址发现的凯尔特战车是非常著名的，可以用复制品来说明（图 482）。像古希腊一样，它的大部分用木料、皮革或柳条制造。尽管发现了许多完整的车轮，但战车的车轴没有保存下来。车轮用车桥销固定在车桥上，车桥销通常涂成青铜色，并且销头带有装饰。牵引杆的一端延伸到底盘的后部，一个插在牵引杆上的结实的、方形截面的铁销栓，把制成一定形状的轭固定在用铁护套加固的牵引杆梢部。用一个青铜环把挽绳引到战车的前部，通过一个带装饰的青铜环连结到轭上。然而，保存下来的木轭表明，这些环的孔洞不是垂直的，而是水平的，挽绳可通过这些环孔。这种轭可能用在两轮车，适用于牛和马。挽绳使用时，用装饰过的绳圈系在马车前端的横木上，横木上安装了装饰过的金属套，可以让

543



图 488 三匹马的伊特鲁里亚战车。出自一幅公元前 6 世纪的浅浮雕。

战士握住。

与古希腊早期的战车一样，凯尔特战车也乘载两个人。恺撒在公元前 54 年称赞过不列颠驾车人的精湛技能，还描述了武士如何从牵引杆冲到轭上，大概是投掷标枪或是震慑敌人，然后再跳回到战车上。他清晰地说明了凯尔特战车的战术作用与早期希腊人的一样，只是提供一种机动的装置，一旦遭遇到罗马骑兵，这些武士就跳下车步战[1]。这些战车是当时的技术杰作，综合了细木工匠、铁匠、青铜匠、珐琅匠等人的手艺。恺撒认为，不列颠酋长卡西维劳努

544



图 489 小孩驾着带有辕的马车的浅浮雕。出自特雷夫斯的石棺。3 世纪。



图 490 十字架底座上的图像。出自爱尔兰蒂珀雷里的阿亨尼县。注意水平的马具皮带（也可参考图 507）。8 世纪。

斯（Cassivellaunus）至少有2000辆战车。这反映出这项成就的规模和质量[2]。图特摩斯三世（Thothmes Ⅲ）曾得意扬扬地记录下：在美吉多战斗（公元前1479年）中缴获了924辆战车。

罗马人的仪仗车和赛车按照仅乘载一名御者设计，有时只用一匹马拉车。由于两轮车需要用某种方式来保持稳定，于是用一对辕杆取代单根牵引杆。在中国，人们早就知道使用两根辕杆，西方世界则晚了许多，在从特雷夫斯出土的3世纪雕塑中才首次见到，其中一件雕塑是一个男孩驾驭的一匹马拉的运动战车（图489）。可是，两根辕杆并没有自动引发马具系统的改良。

在罗马帝国晚期，战车传统已与两轮轻型仪仗车和个人运输工具融合起来。从8世纪爱尔兰的一个十字架底座上的雕刻中，可以看到这种个人运输工具（图490）。

两轮车和四轮马车　在古典希腊，家用两轮马车在地形允许的地区普遍使用。在农村，农用两轮车不仅用于农业生产，而且用于各种庆典，例如婚礼、节日游行（图491）以及葬礼。类似的车辆也被乡村的果菜小贩使用（图491下）。这些车有两个轮子，在牵引杆的两侧安装着轭，用两头牲畜牵引，通常是骡子。这些车轮几乎总是用十字形轮辐（图491），牲畜的挽具与战车上的完全一样，用皮革条把黄杨木的轭绑在牵引杆的金属销栓上。只有在用两头以上牲畜拉车时，才使

图491　公元前4世纪的希腊乡村马车。（上）希腊婚礼，出自一个卡贝拉花瓶。（中）载着四个人的希腊马车。（下）载有酒坛的希腊马车。注意十字轮辐的轮子。

用缰绳。这些两轮车的上部构造由脆弱的柳条框架变成了精致的木板结构，有时与底盘是分离的，需要时用皮革条捆在底盘上，这样底盘可适合于各种用途。尽管锡西厄人都知道四轮马车（图 492），但它在希腊本地很少使用，因为地形不适宜。

545

至于如何从内陆的采石场运送用于希腊大型建筑的石头，却找不

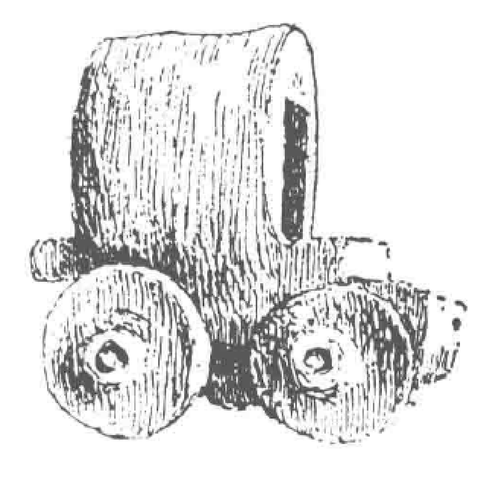


图 492 刻赤（克里米亚）出土的四轮马车泥质模型。公元前 3 世纪。

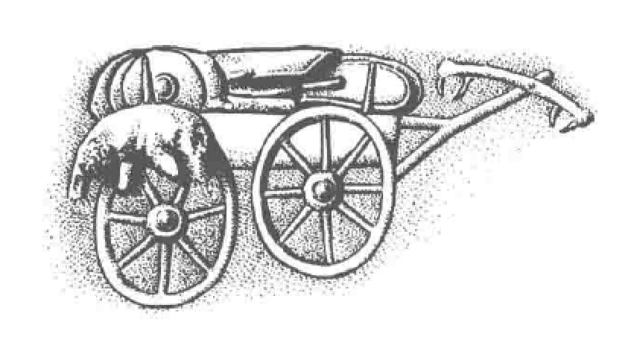


图 493 四轮辎重货车浮雕，出自图拉真圆柱。注意悬挂在轭上的小肩套垫。约 110 年。

到什么证据。在某些采石场曾有过铺筑路（边码 25），但现在只知道一条人工开凿的采石路，从阿格里莱撒的大理石采石场到卡马雷撒。尽管荷马提到过用两轮马车从高山顶上运输木材的事[3]，但那些运石料的车还不够大。

罗马帝国地形复杂，民族众多，找到比希腊世界种类更多的运输车辆不足为奇。大批量的运输由大商号组织进行。载客马车一日能行 100 英里。四轮马车是很普遍的（图 493—494），两轮马车则仍在农田中广泛使用。轻型两轮马车可能用于快捷的个人旅行，而四轮马车有布篷或皮革篷，用于在长途旅行中载人和装行李，甚至可在里面睡觉（图 494）。某些四轮马车安装了用木板拼接的顶篷，简直就是一个大车厢（图 506）。水或葡萄酒可以盛在大桶里，用两轮或四轮的车运送。尽管有轮辐的车轮很普遍，但用木板削成的实心车轮仍在乡村使

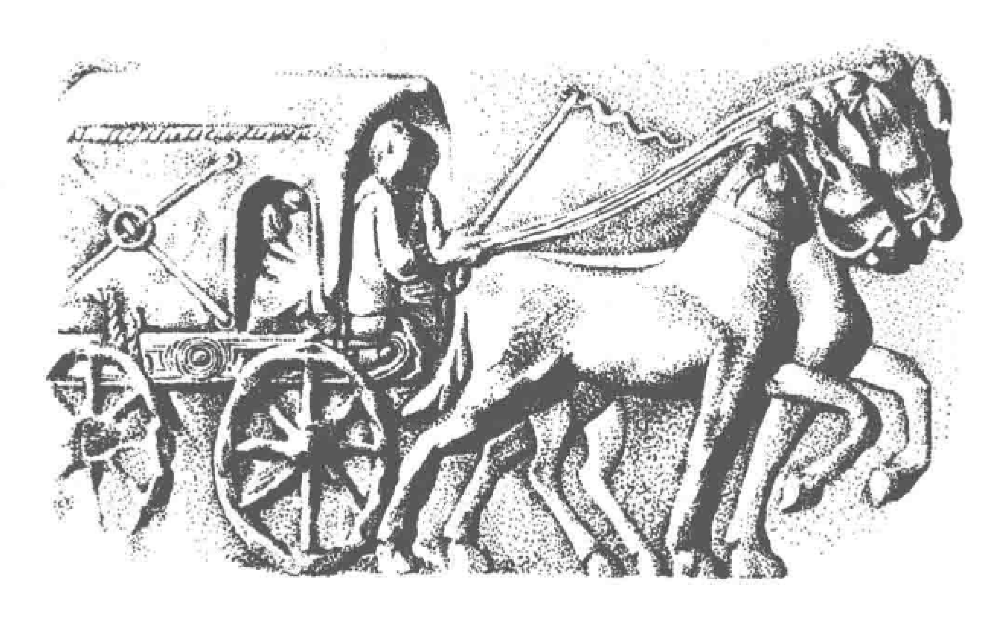


图 494　罗马的四轮运输马车的浮雕。出自奥地利的克拉根福。罗马帝国时代。

用（图 503）。没有证据表明，罗马时期的马车制造者掌握了凯尔特工匠在代比约四轮马车中显示的技术。那种马车有一个在枢轴上转动的前车桥，可使前部的一对车轮旋转（图 538，图版 37A）。

546

15.3　中世纪欧洲的车辆

对于从罗马帝国崩溃到 12 世纪这一时期轮式车辆的结构，人们所知甚少。在 11 世纪和 12 世纪，欧洲的两轮车和四轮车与罗马的车辆相比，技术上似乎没有多少进步，而从 5 世纪到 11 世纪使用的车辆很可能出自同一传统。农用两轮车一般用轻木棍做框，再编上柳条，做成车厢（图 495、图 499）。运行李的四轮车的车厢与此相似，只是框更坚固，有时用厚木板或镶嵌侧板。旅行车常用布篷或皮革篷蒙在木框架上，有时侧板也用皮革编织（图 496）。两轮手推车具有简单而有效的结

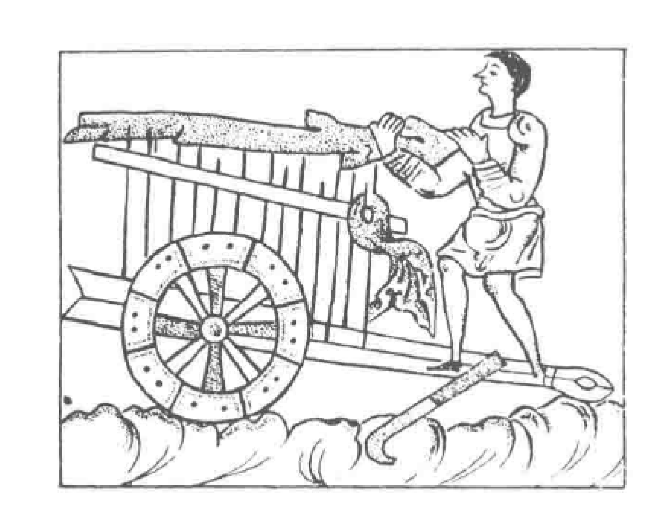


图 495　撒克逊晚期的两轮车。带有辐条的车轮和复合型轮辋。出自一份 11 世纪手稿上的历书画。

构，似乎是中世纪的一项创新，是最有用的一种车(图 497)。

在稍后的中世纪的插图中，出现了一种长车架的两轮车，有点像宽梯子。两个大车轮装在车架的中部(图 498)。到 14 世纪，在两轮车或四轮车的后部延伸出一段棚架，使装载货物的面积增加了(图 499)。这个原理的发展，就成了在车轮上面外加搁板。这一发展相当晚，而且是不列颠诸岛上独有的，那里的人们对它很熟悉。

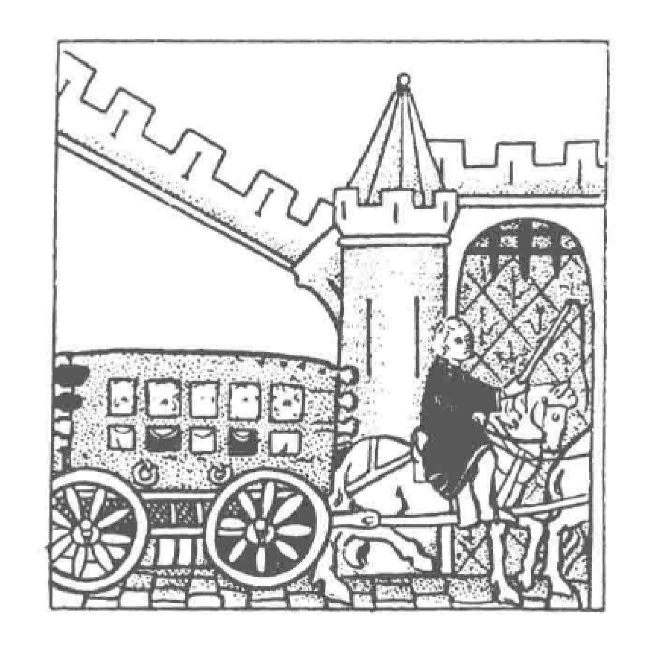


图 496　大约 1317 年的四轮运输马车。出自一份有关圣但尼(St. Denis)传说的法语手稿。

由于小型两轮车从两匹马并排拉改成一匹马拉，或改成两匹马一前一后拉，减少了在道路上所遇到的阻碍，于是双车辕替代了单牵引杆，其中一根或另一根辕杆对于两轮车的稳定十分必要。双辕杆也用于大型两轮车和四轮车，牵引牲畜也是一前一后，前面的牲畜用缰绳控制(图 497、图 499)。没有迹象表明，双辕杆能像代比约四轮车的单牵引杆那样上下摆动(图 481，图版 37A)。通常双辕杆只是底盘上两根主要长梁的刚性延长，用皮带将后面的马缚在双辕的附属部分上。

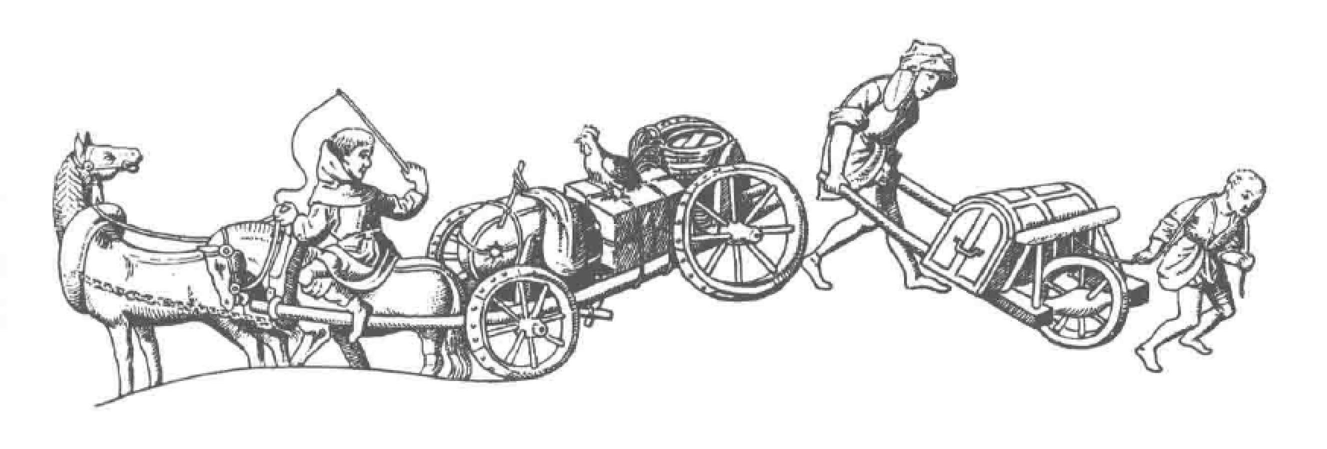


图 497　辎重货车和独轮车。出自一份 1460 年的法语手稿。

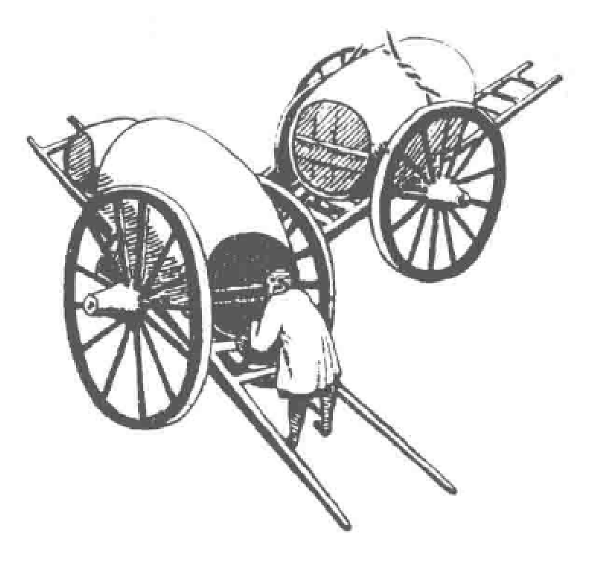


图 498 大车轮的两轮货车。出自勃鲁盖尔（Brueghel）的画，1564 年。

在坎坷不平的道路上，这会使马很不舒服（图 499）。

用皮带将车厢悬挂起来的旅行马车，直到 16 世纪才出现（图 501）。它们是后来弹簧大马车的前身。“coach”（四轮大马车）这个词源于马扎尔语“*Kocsi*”，一个在匈牙利的拉布和布达之间的地名。后来在多种欧洲语言中，它以各种变形出现。大约从 1450 年开始，

548

叫作“*Kocsi*”的大马车在匈牙利使用，但不清楚是什么特征使这个名称传播得如此广泛。在一幅大约 1550 年的德国画作中，一辆匈牙利四轮大马车没有篷，车厢也不是装在弹簧上。

前车桥与双辕杆制作在一起，但它通过旋转的枢轴与底盘连结起来，因此易于转向。枢轴即转向架（bogie）[1]，或如同现在我们所说的转向机构，它在中世纪末开始出现。这种装置可追溯到 15 世纪的战车（图 502），而且可以推断，当时前轮比后轮小。前转向机构是大多数 16 世纪以后的旅行车的典型特征，我们现在把它们叫作大马车

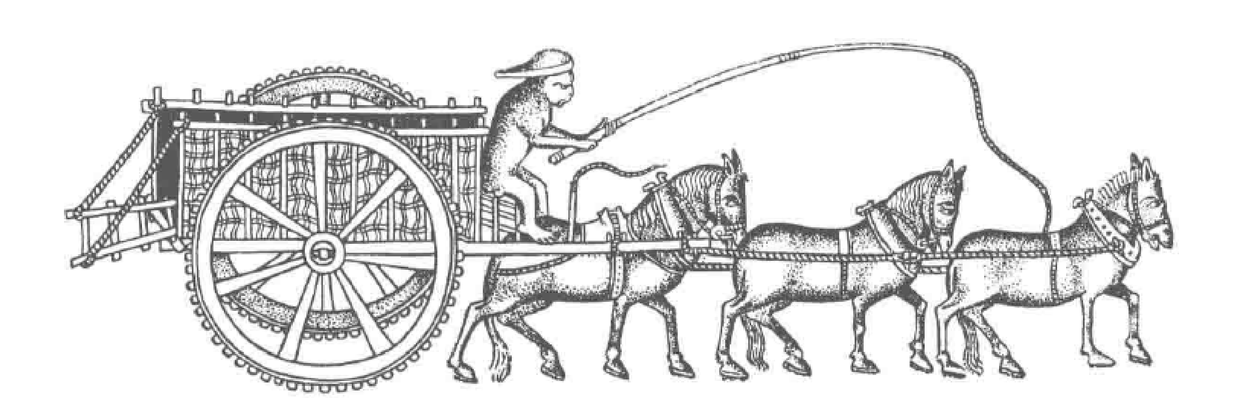


图 499 两轮货车带有栅架以增加装载面积。出自《勒特雷尔圣诗集》，约 1338 年。

1 这个词是英格兰北部的一个方言，表示“转向机构”，它通过 19 世纪北部铁路工场而引入到通常的惯用法中。

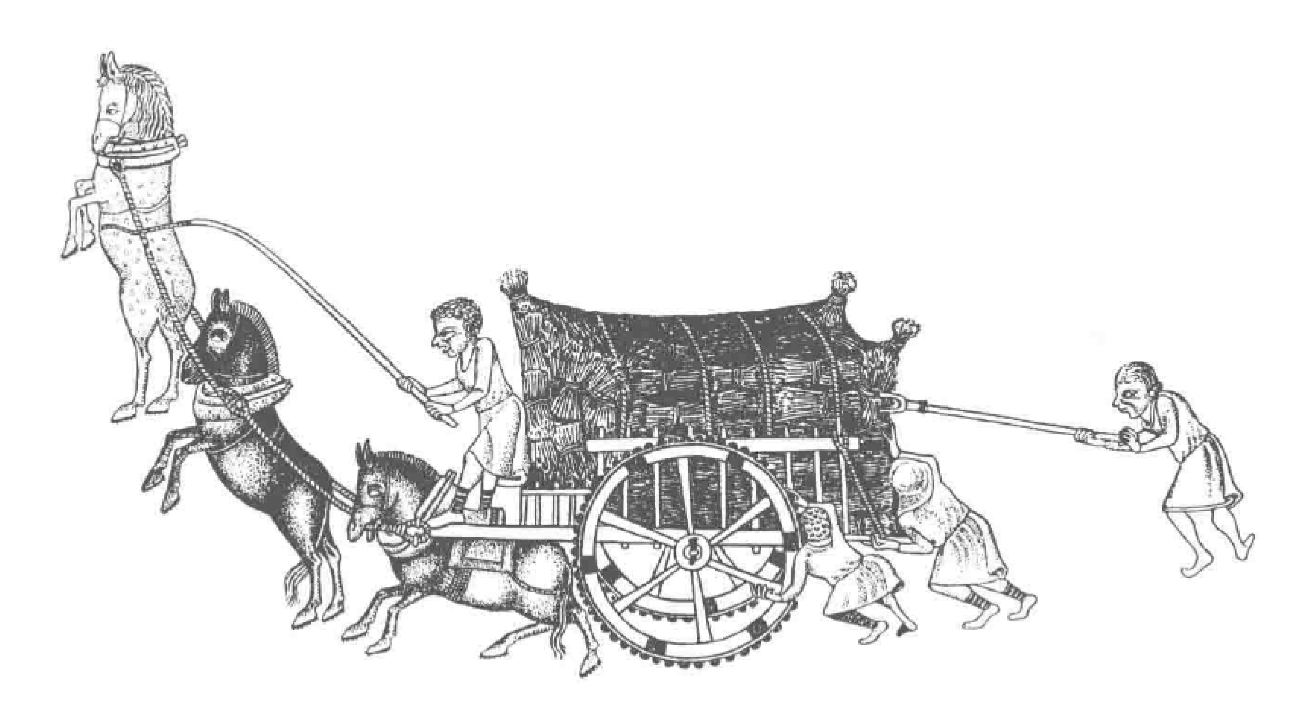


图 500　轮子装有钉柱的两轮货车。出自《勒特雷尔圣诗集》，约 1338 年。

(coach)，特色是用弹簧支撑，车厢建造得非常精致。可转向的前车桥不是什么新设计，因为大约公元前 1 世纪凯尔特工匠就使用了它，正如在代比约四轮马车上看到的那样(图 481)。然而，我们无从追溯这种设计自那时起到 15 世纪的发展历程。

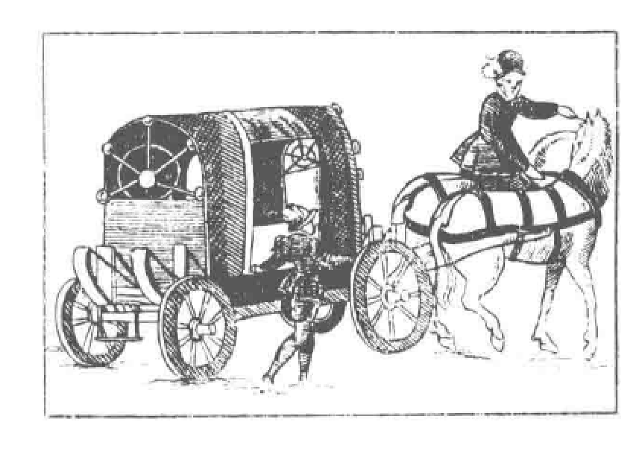


图 501　德国客车。显示皮带悬挂架。出自 1568 年的一本印刷书。

轮式运输车辆的决定性进展是使用轨道，这一思想对现代文明意义重大。古代马耳他、米诺斯和希腊道路上的人工车轮辙道，便预示了轨道的出现(图 457；第 I 卷，图 514)。在 16 世纪，矿业中心已经出现了在木轨上奔跑的实心轮敞篷货车(见边码 562 章末补白图)。

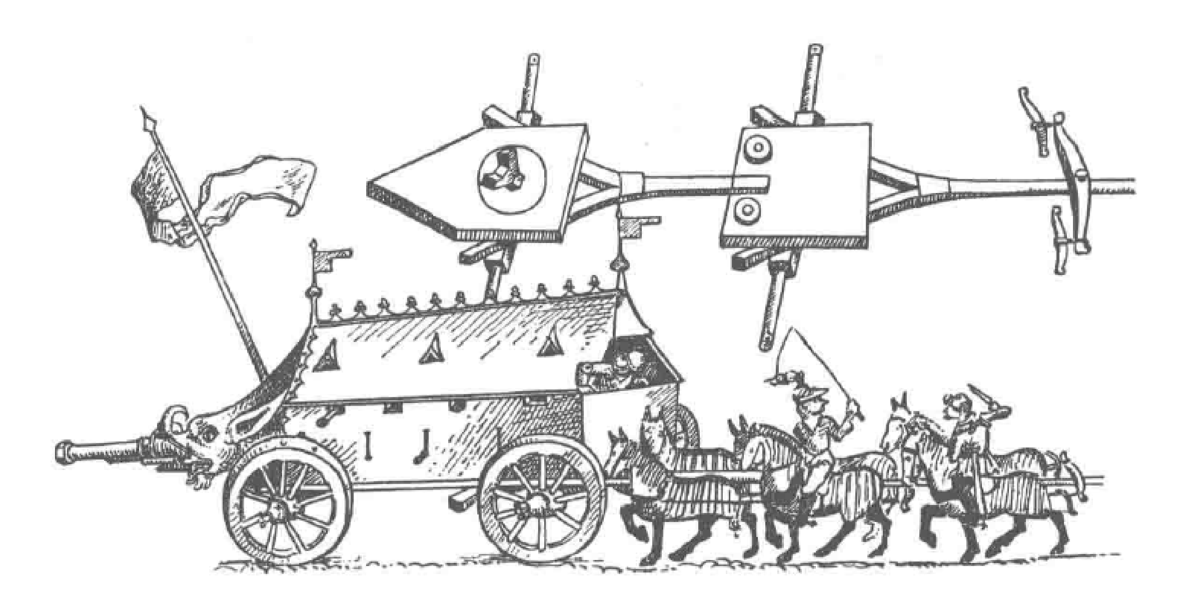


图 502 战斗用车内的转向机构。出自一份德国手稿，约 1480 年。

15.4 车轮

带放射状轮辐的车轮是细木工匠技巧的一项伟大成就，在第 I 卷叙述的时段中逐渐发展而成（边码 212）。不过，它能支撑重物的潜在能力可能是在后来的中世纪才被认识到的。在古典希腊，使用两种带轮辐的车轮，由三部分拼成的实心轮无疑有时也在使用。战车轮有 4、6 或 8 根辐条，外轮通常可能是由若干部分构成，但（埃及的）底比斯战车的外轮是由一根桴树木弯成完整的圆圈做成的（第 I 卷，图 525），凯尔特战车也是这样。为了加固轮辐与车轮的连接，靠轮一端的轮辐用车床加工（图 482、图 504A）。有一些证据表明，在希腊偶尔使用金属轮胎，某些战车车轮的图形可以描述为四件轮辋，并加上一个金属轮胎。

549

希腊的两轮车通常用有十字辐条车轮（图 491），在意大利发现过一辆晚期青铜时代这样的车（第 I 卷，图 135），在近代的中国和英格兰还能看到这种类型的轮子（第 I 卷，图 42）。十字辐条车轮的轮辋被十字辐条分成两部分，十字辐条延伸到车轮的外缘。在十字辐条穿过的孔外侧安有一块金属板（可能在内侧也加一块），用来加固十字辐

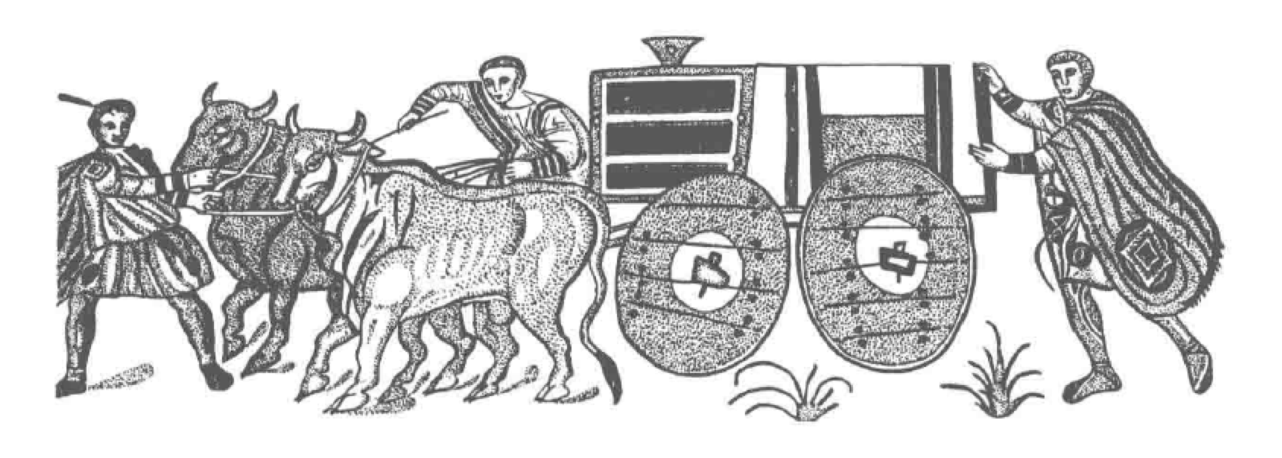


图 503　带有平板拼成的实心轮的农用车。
拉车牲畜前朝后退的人称作“呼唤者”(边码 92)。约 300 年。

条，由此出现了轮毂。和制作放射状轮辐车轮的技艺相比，制作这种车轮的技艺更简单。赫西俄德（约公元前 700 年）关于把木料削成适于制造两轮车车轮的说明，指的可能就是十字辐条车轮，它通常出现在希腊两轮车上。他教人们如何砍削三个跨距（约 2 英尺 3 英寸）的拱点[4]，这可能是指直径（在意大利出土的那辆车的直径为 2 英尺 8 英寸）。然后，砍削“弯木”，它很可能是轮辋。意大利的十字辐条车轮的外缘由两块轮辋构成。在希腊两轮车上，车轮似乎是紧紧地固定在一根旋转的车桥上[1]，或在一根固定的车桥上自由地转动。

550

对罗马时期车轮构造的细节，我们知道得很少。农用两轮车上仍旧较多使用由木板制造的实心轮（图 503)，轮辐式车轮也很常见。由于拉丁语中保留了很多的描述车辆及其部件的凯尔特语名词，我们猜想工匠在制造车轮方面借鉴了凯尔特人的技术。显然是由凯尔特工匠制造的车轮，曾在不列颠北部的罗马城堡中被发现（图 504A)。

有许多凯尔特车轮被保存下来，它们有 10—14 根辐条，轮辐用角树木、橡木或柳条制成，用车床加工，通过榫眼接在车毂上，并通

551

1　轮轴的突出部分的截面有时在希腊文献中呈矩形，但是通常显得过于纤细，不能将轮子的旋转传给轴，因为轴承里面必然有摩擦。当车子拐弯时，轮轴连接处的变形是巨大的。很难从毂的这种表现推出正确的解释。

过榫眼或销钉安装在轮辋上。车毂也是用车床加工的，像现代大车轮一样用榆木或橡木制造。毂相当长，有12—15英寸，两端都安装了青铜铸的卡圈。在早期铁器时代（哈尔希塔特文化时期）的车轮带有捶打成的铁卡圈。某些轮子的毂在每一端都嵌入了一个青铜环作为轴承，这可能是罗马人的一个改进（图504A）。所有各种毂中，代比约四轮车的毂最为复杂精致，在毂中间开一个孔管，让一些木棒在毂与轴之间滚动，这样就制成了滚柱轴承（图504C）。

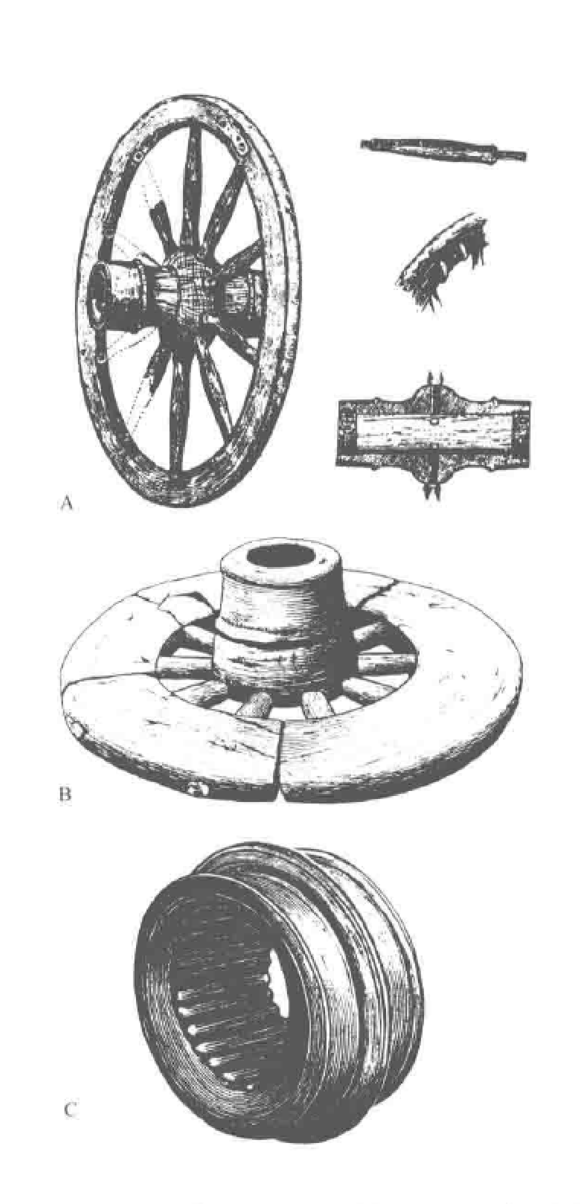


图504 （A）整体有轮辋的车轮；（右）辐条以圆榫配入轮辋，以方榫配入轮毂；轮辋的连接；毂的剖面。出自位于梅尔罗斯的纽斯特德的罗马要塞，直径3英尺。2世纪。（B）南曼兰沼泽地里发现的车轮。大约中世纪。（C）代比约马车的轮毂，显示出轴承滚柱的滚槽。公元前1世纪。

与底比斯战车（第Ⅰ卷，图525）的车轮轮辋一样，凯尔特车轮的轮辋是用一根桉木做成的一个圈。凯尔特车轮装了铁制轮胎，它是用若干块金属巧妙地焊接成的一个完整的圈。在安格尔西岛的利因凯里格，轮胎用优质碳钢制成（图482）。凯尔特轮胎中没有钉孔，表明轮胎是在红热时装到木轮上的，然后用水对红热的金属淬火使钢变硬。

人们曾发现了一些中世纪早期的轮子，地点主要是在斯堪的纳维亚的沼泽中。它们很重，有六七块宽轮辋，每块轮辋用一根辐条支撑（图504B）。中世纪的图画也经常展现这样的结构。在罗马时期，车轮的轮辋都由若干块分离的轮辋制成，希腊有

时也这样做。在苏格兰南部纽斯特德城堡发现的较晚期(2世纪)的较重车轮，有12根辐条和6块轮辋，轮辋之间用榫钉彼此连结。



图505　车轮工匠的作坊。
车轮匠正在制作一个盘式车轮，在钻孔制作轮毂。另一个人正在劈木材制作辐条。安曼，1568年。

在中世纪使用的大车轮有包铁轮胎的，也有不包铁轮胎的。那些包铁的轮子在一些城镇被禁止使用，因为会破坏道路(边码533)。对地面更严重的破坏可能是随处可见的铁钉，它们是环绕车轮的一排突出的钉柱(图499、图500)。在纽斯特德发现的较大车轮，辐条的销子恰好穿透轮辋，像大车铁钉一样经受磨损。在中世纪，现成的成对车轮在英格兰的市场上可以买到。在奇尔特恩这样的林区，可以较大规模地制造车轮。

车轮工匠在技艺上的最终发展，是将车轮从单一平面改成扁平的锥面。在不平坦的地面上行进时，这种“盘式”的车轮可以抵抗载重车摇晃时不可能避免产生的侧向冲击力。这样的轮子在15世纪之后的插图中可以见到，其中之一是安曼(Jost Amman)1568年所作的一幅描绘车轮工匠作坊的木刻(图505)。

15.5　牵引挽具

在古代挽具中，胸带和肚带在马肩隆的马轭上相交。对于马来说，如果胸带在颈项上向后拉动，就不可避免地会滑向咽喉。当马用力拉

553



图 506　罗马浮雕显示出一辆四轮运输车或葬车。注意水平皮带的挽具一直套着马的颈项，周围带和马鞍连接在一起。出自法国南部的韦松。

车时，胸带会在马的气管部位产生令马窒息的压力[1]。古代人知道这个问题，改进起来却用了很长时间。从12世纪开始，现代形式的牵引挽具已经在欧洲普及，这是利用动力资源一个巨大的进步。在有效利用畜力、增大运输能力的同时，这种挽具还促进了用更舒适、载重量更大的车辆进行快速的长途旅行。直到铁路时代到来之前，这种发展一直在持续。

人们在几个方面努力改进牵引挽具。例如，胸带是传递马的所有水平拉力的，所以对角式胸带被改成水平式胸带（图 506）。胸带被连结到肚带中间，这样仍是用马肩隆发出拉力，即使安放得很好，这样连接的皮带也会蹭破皮肤。这种挽具出现在3世纪中国的汉朝和波斯，在西方（拜占庭）则出现在9世纪（图 507）。不过，它不是现代挽具的



图 507　拜占庭首饰盒上骨雕的战车。
牵引挽具由水平的胸带和肩套构成。9世纪。

1　有一点必须记住，颈部的静脉血压是非常低的，而且静脉血管壁几乎没有抵抗压力的能力，因此头部的静脉充血极易发生。另外，对迷走神经的间接压力，也易造成一些不适并导致血液系统紊乱，例如心跳变缓。胸带上穿过双腿与肚带相连的皮带虽然可以防止胸带上移（图 486），但必须考虑擦伤问题。

前身。

辕杆 如果使用一头牲畜或使用一前一后的两头牲畜，双辕杆代替单牵引杆就是必然的。辕杆必须很好地连在胸带上，这样拉力才不致使辕杆撞到马的咽喉。大约从耶稣基督时代起，辕杆在中国就很普遍，尽管它们有时与轭连接，而且有时用在牛车上。在罗马帝国的原始资料中，偶尔也会看到辕杆（图489）。在这一时期的间接资料中没有见到辕杆，可能远东和西方各自独立使用了辕杆。然而，罗马人似乎没有认识到辕杆的优点，西方直到中世纪也没有广泛使用辕杆。

554

缰绳 缰绳也和辕杆一样，可以很方便地从车上连结到胸带上。希腊人和凯尔特人都使用缰绳（图483），但希腊人车上的缰绳系在四匹马中外侧两匹马的肩隆处（图486）。尽管凯尔特战车通常用两匹马拉，缰绳如何系在牲畜上却没有什么记录。直到大约10世纪，缰绳才系在胸带上（图508）。在中世纪，两轮车和四轮车上都能看到缰绳，通常是绳索（图499），作用是使牲畜前后拉车比并排拉车更有效。这种前后拉车的方式在罗马时期已经出现，但到中世纪才普遍使用，那时东方也已使用。

马肩套 当辕杆或缰绳系在胸带上时，肚带就显得多余了，于是它变成了马的肩套（图506），现代挽具诞生了。在西方原始资料中，10世纪已经能明显看到这种肩套（图508），虽然毫无疑问它曾出现在罗马时期（见图489，图中的胸带虽然安放得不好，但实际上是一个肩套）。



图508 10世纪的挽具，带有辕杆和肩套。出自一部法语手稿中的一幅图画。

向现代牵引挽具演化的最后一步是填垫肩套。在罗马的车辆上，有时可见到悬在轭下的、显

然是填垫过的小肩套（图 493）。但直到 12 世纪或 13 世纪，在欧洲的插图中，才看到填垫得很好的现代式胸肩套（图 497、图 499、图 500）。从那时起，它开始普及。在中世纪的插图中，有时可看到牛戴着填垫肩套。但现在情形变了，填垫肩套成了马的挽具的一部分。

拉车马鞍和驭车者　在罗马和中世纪的记载里可以看到，拉车马鞍常被用来分散承载辕杆重量的皮带在马背上产生的压力，以此减少对马皮肤的擦伤。另外，也有在一匹马上配马鞍的（通常是离车最近的马背上），以便驭车者骑乘。直到 12 世纪［克莱尔沃的贝尔纳（Bernard of Clairvaux）］，驭车者骑乘牵引马的情形还未出现。但从 13 世纪起，他已成为插图中常见的人物，挥舞着马鞭或多股的绳子（图 497）。

555

结论　现代式牵引挽具的演变，在欧洲通常大约从 12 世纪开始，是这一时期的重大进展之一，展现了东西方交流错综复杂的图景。当然确切地描述这一进步几乎是做不到的。重要性其次的水平胸带似乎来自东方，辕杆也是如此。尽管它们在东西方各自独立发展，但在罗马时期的西方没有完全认识到优越性。马的肩套和填垫肩套很可能是罗马和拜占庭的贡献，辅助缰绳的使用也可能归功于他们。在波斯，萨尔马特人、帕提亚人以及 226 年之后他们的后裔萨珊人，可能在东西方交流中扮演了重要角色。但在西方，刺激牵引挽具改进是罗马帝国对运输的需求。

15.6　马的骑乘

有效地利用马作为坐骑，主要是由亚洲西伯利亚大草原上的游牧民族在公元前的一千年里发展起来的。大约从公元前 800 年起，马的骑乘开始传播到欧洲东部，为尚武民族的攻击部队增加了相当大的力量。然而，从 8 世纪晚期的花瓶上可以看到，马的骑乘在希腊发展很快。到古典时期，作为一种战争手段，骑兵已经取代了战车部队。

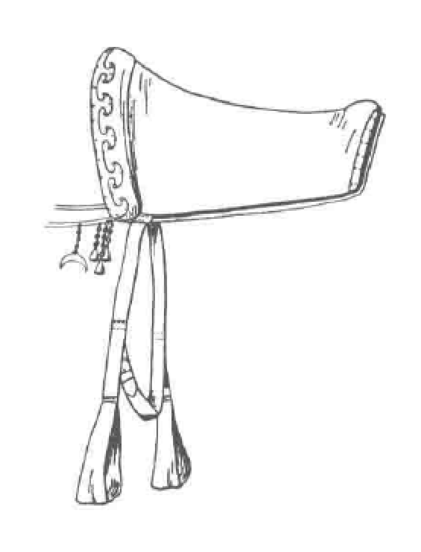


图 509　切尔托姆雷克花瓶上的锡西厄人马鞍和马镫的图形（参考图 431）。
悬着的皮圈可能仅用来上马，在花瓶上，背后的皮圈被马挡住了。约公元前 380 年。



图 510　罗马的弓形马鞍。出自君士坦丁堡的狄奥多西柱上的一幅浮雕（379—395）。
相同的马鞍能够在西方的许多纪念碑上看见。临摹自一个 17 世纪的雕刻。

早期草原上的游牧民族，想必也和早期希腊人一样骑在光马背上。直到某种稳固的马鞍和马镫给骑手一个安全的座位，马的骑乘才充分发挥作用，这对于武士尤为重要。这两项改进都产生于草原，并从那里被半游牧民族的骑手传送到东方和西方。骑乘装备的另一些重要进展是马蹄铁、马嚼子和踢马刺，它们似乎最早是在西方发展起来的，后两项技术成果直到近代才传至远东。因此，骑乘装备的完善是东西方交流的结果，如同牵引挽具的发展一样。

556

马背垫和马鞍　马背垫最初可能是动物皮，是草原上的锡西厄人使用的（公元前 6—前 3 世纪）。在公元前 4 世纪的切尔托姆雷克花瓶上（图 509），能看到几乎是真正的马鞍，因为它被胸带和肚带系在马身上，并且好像铺垫成弓形。骑光背马在希腊很普遍，尽管亚述人从公元前 9 世纪、希腊人从公元前 6 世纪就开始使用马背垫。到公元前 4 世纪，马背垫成为希腊士兵装备的普通部分。公元前 1 世纪时，它已经在罗马社会普遍使用。不过，日尔曼的部落把马背垫看成了懒散的标志。

直到4世纪，罗马人还没有使用填垫马鞍(图510)。真正的骑兵马鞍显然是从东方引入到罗马社会的，可能首先出现在罗马帝国的骑兵中。填垫马鞍放在马背垫上，叫作sella(鞍)或椅子。中国汉代(25—220)一直在使用填垫马鞍。

马镫 马镫是从马肚悬下并且明显在两端结成一个环圈的皮带，可以在公元前4世纪的切尔托姆雷克花瓶(图509)上见到，也可见于公元前2世纪桑吉和印度其他地方的雕刻中。然而，这样的环圈仅仅对上马有帮助，如果一个骑在马上的人不能从柔软的环圈中迅速地缩回脚，可能会很危险。正是刚性的金属环，使得马镫的使用成为马的骑乘中卓有成效的进步。在西亚和欧洲的原始资料中，未曾描绘骑在马上的骑手把脚伸入马镫。直到后罗马时期，这样的情形才普遍出现[1]。在中国，大约477年才提到马镫的使用(图511)。从6世纪起，中国的石碑上可以看到马镫环。在远东，最早的金属马镫环也出现在这一时期[2]。这类马镫环的构思与皮革环一样，可能是草原上的骑马民族发明的。不过，最早的马镫环是铸铁或青铜制造的，似乎受到中国工匠精湛技艺的影响。在西方，铸铁类的马镫首先在匈牙利发现，那里显然是埋葬阿瓦尔人的地方，他们是约560年来自中亚的骑手。此后不久，拜占庭骑兵开始使用这样的马镫。在西北欧，马镫在8世纪北欧海盗的墓中(例如，在瑞典文德尔的3号墓中)首次发现，他们显然是在去东方的黑海探险后才采用

557

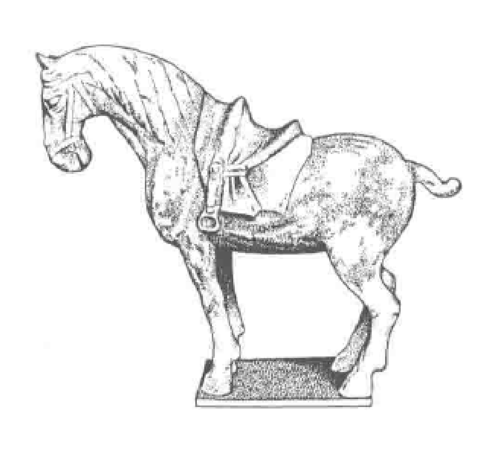


图511　中国的带鞍的马。注意马镫。唐代，7世纪。

1　在青铜浮雕中撒缦以色三世(Shalmeneser Ⅲ，公元前859—前825)脚下可见到的壁架，只是一个安详地坐在马上的王族所用的搁脚，但这儿也许已有了马镫的萌芽。这是一个孤例。

2　李约瑟(Needham, J.)《中国科学技术史》(*Science and Civilisation in China*)，Ⅰ(剑桥，1954年)，167页。他从一个描绘"飞驰"的墓碑浮雕的早期(1821年)拓本上复制了一个轮廓，显示出骑手的脚在马镫中，但对这类来自古拓本的细节的解释是不确定的。

的。马镫很可能主要由北欧海盗骑手为中世纪的欧洲引入，虽然在南方的拜占庭的某些发展也不容抹杀。可辨别的最早的马镫是铁环，形状有圆形和三角形，挂在皮革带子上。从最早的马镫起，自然有一种给脚一个平面支撑的发展趋势，脚的形状限定了中世纪马镫和现代马镫的形状（图 512）。从北欧海盗时代起，马镫上常常镶嵌银的或青铜的图案作为装饰。

马刺　早期的希腊人没有使用马刺。他们用靴子控制坐骑，这是色诺芬（活跃于约公元前 400 年）推荐的方法[5]。尽管他没有提到马刺，但在当时的一个花瓶上的一个亚马孙人脚下，可以看到一个马刺，而且在多多纳曾发现过青铜马刺。在拉登等凯尔特遗址，曾发现大约公元前 4—前 3 世纪以来的马刺（图 513A）。罗马人使用马刺也是从那时开始，也许更早。直到近代，马刺似乎都未曾传到远东。

早期的单尖踢马刺都是粗短的，带有短刺，在敞开的一端有大头钉或纽扣，用以系缚皮带（图 513A）。单尖踢马刺从那时起传遍整个西方世界，而且刺和支杆都增长了。在 11 世纪和 12 世纪出现一种趋势，即通过某种制动模或把长刺简化成斜置的立方体来检查长刺的效果（图 513B、513C）。在 13 世纪，直杆被弯杆取代以适应靴子的形状。在西方，单尖踢马刺从 13 世纪起被带齿轮的马刺取代（图 513D、513E）。马刺首先出现在约 840 年的一份西班牙手稿中。稍后的中世纪及其以后，在靴子后伸出的过长的杆上，开始出现带长钉的齿轮。

558

这些后罗马时期的马刺是铁制的，在不列颠则无论如何也要镀上一层闪光的锡。不过，在马镫上未曾发现镀锡。镀锡是不列颠从撒克逊时代到 17 世纪马刺制造工匠一直延续的传统，表明了手工作坊传统强大的延续性。

马嚼子　用缰绳系一个通过马嘴的嚼子来操纵马的方法，在古代已经很好地使用了。在这种简单无马勒的马嚼子（图 514A）的设计基

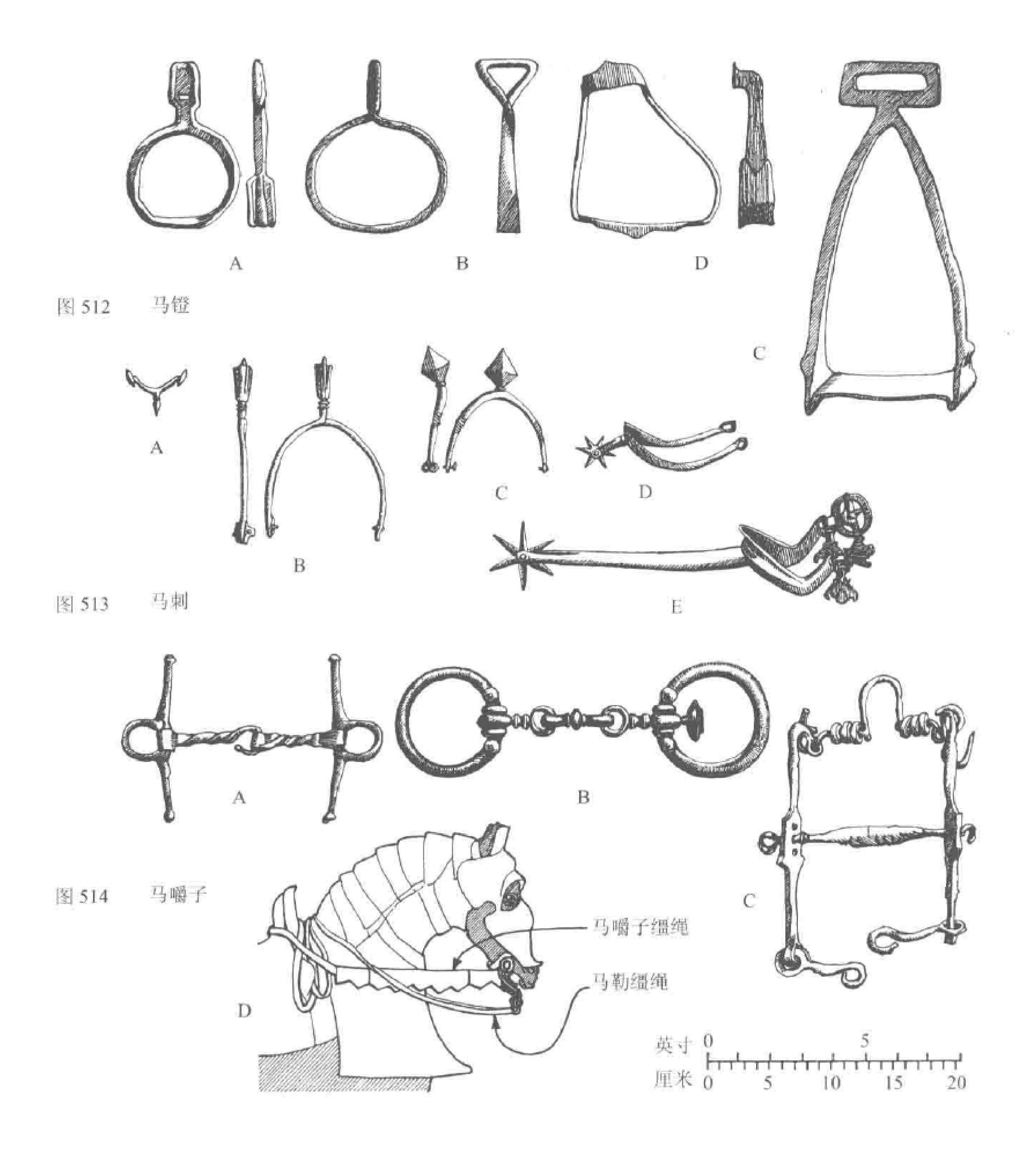


图 512 马镫：(A)欧洲最早的形式，也许由从东方来的阿瓦尔人带来，铁铸，匈牙利。6 世纪至 7 世纪。(B)简单弯曲的金属马镫，北方最早的一种，出自瑞典的文德尔，8 世纪。(C)11 世纪到 12 世纪的马镫，出自东普鲁士的杜克海姆。(D)14 世纪早期的不平衡马镫，出自伦敦。

图 513 马刺：(A)早期铁器时代的单尖踢马刺。出自波希米亚的斯特拉杜尼茨。公元前 2 世纪。(B) 11 世纪的单尖踢马刺，出自牛津郡。(C)12 世纪的单尖马刺，出自伦敦。(D)(E)是出自伦敦的带齿轮马刺；(D)14 世纪早期，(E)15 世纪。

图 514 马嚼子：(A)简单的中世纪的两节马嚼子，出自伦敦墙。(B)仅在一边有装饰的三节马嚼子，预示着可以两边拉。安格尔西，公元前 1 世纪。(C)铁质马嚼子。出自意大利的卡诺萨。公元前 3 世纪。(D)马笼的前面部分，显示一个马嚼子和马勒。出自神圣罗马帝国时期的盔甲，维也纳，1502 年。

础上，各式各样的马嚼子一直到近代都在使用。大部分早期的嚼子是两节的（第Ⅰ卷，图522），但在希腊使用三节的。在马嘴里的是中间的一小节（有时是球节的）（图514B），这使得嚼子更易活动，马更易于接受嚼子发出的指令。尽管这种方式在凯尔特人中普遍使用，但两节的嚼子在整个中世纪及其后仍继续存在。

色诺芬推荐使用灵活的马嚼子，并说一个人应有两个马嚼子，一个粗糙的用于训练马，一个光滑的为日后使用[6]。然而，粗糙而带刺的马嚼子在古代可能并不限于训练。

马颊护件、马的鼻羁和马颊扣带都出现在亚述时期（第Ⅰ卷，图523），后来被希腊人采用。从那时起，马颊护件只在样式上有所变化，原理上则毫无改变。

在使用系在一根缰绳上的、带简单接口的、简单的马嚼子的同时，罗马时期早期也出现了带马勒的马嚼子（图514C），人们也许会猜想它是由罗马军队中的某些东方人带到西方的。尽管在3世纪的萨珊王朝能看到带马勒的嚼子，但它们在西方出现可能还要早五六百年，在公元前3世纪意大利巴里附近卡诺萨的凯尔特墓中和罗马遗址里都曾发现过。它可能是训练有素的骑兵发明的，目的是用某种器具更精确地操纵马。

带马勒的嚼子可使马头向上而使马停下来，因为它奔跑时头是向前的。更完善的嚼子比简单的嚼子增加了两个元素，一个是凸缘或舌头，安在嚼子的中心（在带马勒的嚼子上是一根金属棒），它可用来对马的上腭产生压力；另一个是交叉连接棒，安在马的下巴下，可以用第二根缰绳向上拉[1]。这种设计的最简单形式出现在早先罗马的带马勒的嚼子上，它只不过是从嚼子的两端在马的下巴下穿过的金属环，可通过一个操纵杠杆由第二根缰绳向上或向前拉。在凯尔特人和稍晚的

560

1 马嚼子经常出现在雕塑和图画上，但没有一对缰绳。它们现在只用一根缰绳，在需要紧急制动控制时使用，但是一些控制的敏感性会因此损失。

罗马人的带马勒的嚼子上，有一个凸缘。凸缘与马勒带的上部做成一体，这样可被头带紧紧地固定，使凸缘朝向马的上腭。交叉连接棒从嚼子的两臂端自由地悬下来，可以在马的下巴下由第二根缰绳把它向后拉起，这个动作可以使马闭上嘴并使凸缘更深地压向马的上腭。尽管有相同的基本组成，中世纪及其后的带马勒的嚼子的操作方式却各不相同，并且由于对这些不同方式缺少认识而导致混乱。在这些带凸缘的嚼子上，较低的边件和交叉连接棒都是刚性的结构，可在固定笼头上的上部马勒带的枢轴上转动。第二根缰绳系在较低的交叉连接棒端附近，能把马下巴下的交叉棒往后拉，同时把嚼子上的凸缘转向马嘴的上腭（图 514D，图版 36）。直到现在，这两种形式的马嚼子仍在使用。

在罗马和后罗马时期骑手的装备上，带马勒的嚼子经常出现。在中世纪，它们成为骑士装备始终不变的部分，被精心地加以装饰，有时是用带纹章的装饰。但是，这种残酷的带马勒的嚼子表明，那时的骑士为了训练，特别是为了格斗，是如何严厉地控制他的马。当然，马必须是健壮剽悍的。

凯尔特人的三节简单马嚼子常常只在边节或边环上带有装饰（图 514B），这种不对称的装饰品意味着用两匹马并排拉车。在某些地区——例如爱尔兰，它们可能几乎是使用轮式车辆仅存的考古学证据。

这些嚼子是青铜或铁铸的，包上青铜薄片，再就是快速烧涂上青铜或锡。马笼头的其余部分通常都采用皮革带，偶尔用金属环、带扣或环箍端，经常用上珐琅的金属或有透孔的金属圆盘来装饰（金属圆盘或饰球，第 I 卷，图 93）。完整的铁鼻羁从罗马人那里开始出现，大概是与带马勒的嚼子一起使用。

561

埃及底比斯战车（第 I 卷，图 525）的轭的下面，悬挂着两根 Y 形的木条。它们可能是从马嚼子上垂下来的，以引导拉车的马前进。具有这种功能的直线形铁条是从凯尔特人那里发现的，在 1 世纪早期

的罗马与日耳曼边境的城堡中也曾发现。从中心垂下的用青铜铸的带柄的 U 型条属于爱尔兰特有，而且与马嚼子一样，都是一边的下方带有装饰，这表明它们用于引导成对拉车的马。

马蹄铁 给马钉上蹄铁（边码 515）大大地增强了马的效率，不仅保护了马蹄，还使马蹄更坚实地抓牢地面，对骑乘和驾车都很有利。马蹄铁可能是罗马人的创造，在公元前 1 世纪的遗址里就很常见。卡图鲁斯（Catullus，约公元前 85—前 54）提到过一匹骡子丢了一个蹄铁[7]。常见的马蹄铁是铁制的，相当轻，从一边冲压出一个穿透的钉孔。马蹄铁的边缘经常呈波状的轮廓，未固定的两端弯成一个防滑刺，它与钉头一起，像在中世纪的马蹄铁上一样凸出，使马蹄坚实地踩踏地面。这种马蹄铁一直用到中世纪。但是，更平更重的马蹄铁从罗马时期开始使用，并且成为中世纪最普遍的样式。在罗马社会，奇特的“马凉鞋”（hipposandal）也很常见（图 469）。它是一种光滑的铁盘，在每端弯成环，显然是系在马蹄上用于保护马蹄。少数“马凉鞋”带有尖钉，能帮助马抓牢地面，可能被用于鹅卵石的或其他坎坷的地面。“马凉鞋”使用了很长时间，应该不仅是从用于牛的“细茎针草鞋”到使用紧扣的蹄铁的一种过渡形式。然而，马蹄铁并没有普遍使用，大量的牲畜是没有钉蹄铁的。

相关文献

[1] Caesar *De bello gallico* , V, xv. (Loeb ed., p. 252, 1917.)

[2] *Idem Ibid.,* V, xix. (Loeb ed., p. 258, 1917.)

[3] Homer Odyssey, X, lines 103–4. (Loeb ed., Vol. 1, p. 352, 1919.)

[4] Hesiod *Opera et dies,* line 425. (Loeb ed., p. 34, 1914.)

[5] Xenophon On the Art of Horsemanship, XII, 10. (Loeb ed., *Scripta minora,* p. 360, 1925.)

[6] *Idem Ibid.,* X, 8–11. (Loeb ed., *Scripta minora,* pp. 348 ff., 1925.)

[7] Catullus XVII, line 26. (Loeb ed., p. 24, 1912.)

562

参考书目

Arendt, W. W. "Sur l' apparition de l' étrier chez les Scythes." *Eurasia Septentrionalis Antiqua,* **9**, 206–8, 1934.

Berg, G. 'Sledges and Wheeled Vehicles.' Nordiska Museets Handlingar, no. 4. Stockholm, Copenhagen. 1935.

Bivar, A. D. H. "The Stirrup and its Origins." *Oriental Art,* new series **1** , ii, 1955.

Childe, V. G. 'Prehistoric Migrations in Europe.' Kegan Paul, Trench, Trubner, London. 1950.

Forbes, R. J. 'Bibliographia Antiqua. Philosophia Naturalis' , chapter 10. Nederlandsch Instituut voor het nabije Oosten, Leiden. 1950.

Fox, Sir Cyril F. 'A Find of the Early Iron Age from Llyn Cerrig Bach, Anglesey.' Nat. Mus. Wales, Cardiff. 1946.

Idem. "Sleds, Carts and Waggons." *Antiquity,* **5**, 185–99, 1931.

Ghirshman, R. "S. V. Kisselev, Histoire de la Sibérie du Sud. Matériaux et recherches archéologiques en U.S.S.R." *Artibus Asiae,* **14**, 168–89, 1951.

Jacobsthal, P. 'Early Celtic Art' (2 vols). Clarendon Press, Oxford. 1944.

Klindt- Jensen, O. "Foreign Influences in Denmark' s Early Iron Age." *Acta Archaeologica,* **20**, esp. 87–108, 1950.

Lane, R. H. "Waggons and their Ancestors." *Antiquity,* **9**, 140–50, 1935.

Lefebvre des Noettes, R. J. E. C. 'L' attelage et le cheval de selle à travers les âges.' Picard, Paris. 1931.

London Museum. 'Medieval Catalogue' , by J. B. Ward Perkins. London Museum Catalogues, no. 7. London. 1940.

Lorimer, Hilda L. "The Country Cart of Ancient Greece." *J. Hell. Stud.,* **23**, 132–51, 1903.

Idem. 'Homer and the Monuments' , esp. pp. 307–28, on chariots, and pp. 154, 490, 504, on horse- riding in Greece. Macmillan, London. 1950.

Minns, Sir Ellis H. 'The Scythians and Greeks' Unoversity Press, Cambridge. 1913.

Ridgeway, Sir William. 'The Origin and Influence of the Thoroughbred Horse.' University Press, Cambridge. 1893.

Sturt, G. 'The Wheelwright' s Shop.' University Press, Cambridge. 1923.



在木轨上运行的运输小推车（边码548、边码655）。仿照明斯特（Sebastian Münster）的《宇宙志》（*Cosmographia universalis*），1550年。

第16章 造 船

T. C. 莱思布里奇 (T. C. LETHBRIDGE)

563

我们对古代造船的了解有三种来源，一是为数不多的保留下来的古船实样，二是书面文字记载，三是同时代的绘画。

第一种来源自然是最重要的，但是保留下来的古船是那样稀少，因而想凭从单个实样中获得的资料来建造一艘大型结构的船相当困难。当发现一艘保存状况良好的完整古船时，人们总是认为它的每一处在当时都是最完美的，同北欧海盗头子一起埋葬的北欧海盗船就属于这类古船。早在1000年前，地中海地区就已经建造了大得多的船只，可是北欧人对其构造原理并不了解，这些原理对延续至今的所有大木船都是最基本的。

来自书面文字记载的史料，很大程度上取决于作者的观察能力。如果作者不熟悉海上的事，就可能产生误导。不管怎么说，几乎总得从作者涉及其他事物的作品中，一句一句把这些内容找出来。

图片证据通常是不可靠的，除非画家本身是船员，否则当绘制一艘船只时，他很难知道该画些什么。他不了解所见到的船具的用途，这样就忽视了许多重要的东西，反而夸大了其他东西以适应他的作品。他倾向于减少对船体的描绘，更着重于所有曲线的绘制，因而我们见到的许多船的绘画，看起来就像切开的瓜，上面竖立着一个装饰有纸片和一些线条的肉串扦子。

必须从各个角度去考虑所有这一切。最终的图景不可避免地随着历史学家的见解而改变，除了作为个人观点外，几乎不能让人接受。带着这些警示，我们来看看荷马的作品。

评论家们曾费了不少时间，企图把《伊利亚特》(*Iliad*) 和《奥德赛》(*Odyssey*) 归属于15位或20位不同诗人的作品。现在看来，这些伟大的史诗描绘了在考古学上属于晚期青铜时代的合理生活图景。非常清楚的是，在荷马描述的社会中，战船和商船之间已经存在着明显的区别(图515)，这显然是许多世纪发展演化的产物。

564

荷马式船只的建造方法，几乎与目前大多数小木船的建造方法一样。这些船有龙骨、船首柱和船尾柱，以及用外部船壳板覆盖的肋材(肋骨或船骨)。船结构使用木栓(木钉)进行紧固，这种连接材料近来才被金属紧固件所取代。这些船只以平接法钉造，船壳板的边与边贴在一起，不像后期北方的搭接式构造那样相互重叠。引人注目的是，作为纵向强度最重要构件的龙骨已经发展得很完善，这比北方船匠使用龙骨早了许多世纪。龙骨在古埃及显然还没使用过，古埃及木船只是早期芦苇船的综合复制品，没有任何精心的结构设计(第Ⅰ卷，边码734—736)。在尼罗河上，目前仍然可以见到这样“时髦”的船只。

荷马式战船是一种狭长形船只，轻得足以能由船员拖到岸上。它

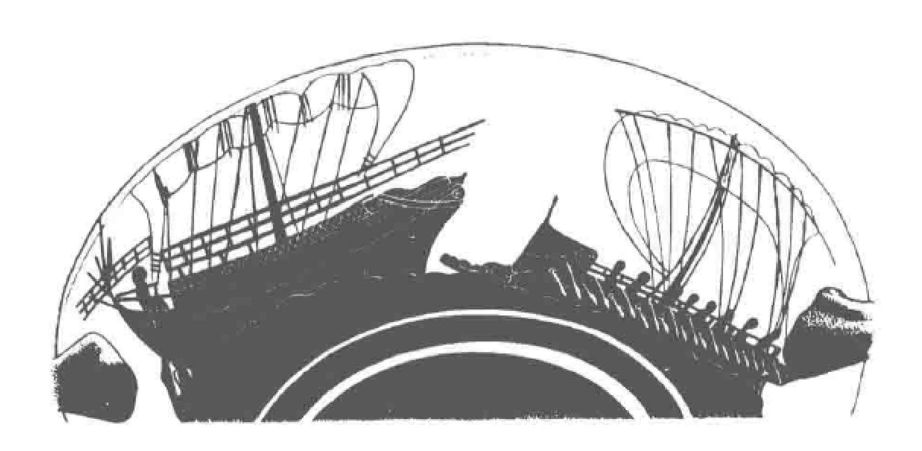


图515 希腊商船(左)和战船。出自公元前6世纪的一只基里克斯双耳酒杯。
战船显然是双层桨式的，下层桨穿过圆形舷窗口实施操作。

的这一点类似于北欧的长船，这种长船一般可以由船员从水中拖上来。荷马描述这些船有 50 名船员，这意味着船的长度可能在 125 英尺左右。在撞角形船上，船首有一个小的船首楼，船尾有一个较小的带有高高弯曲尾柱的尾楼，还有一条竖起的通道贯穿整个船身。这种船的图画出现在用所谓希腊几何图形绘制的花瓶上，它们可追溯到早期铁器时代(图 516)。船仅在夏季使用，结构无疑是很轻巧的，在后来的战争中，我们常常听说这样的船与其他船相撞时被撞坏的事件。

565 这些荷马式船只装有桅杆，显然可以使用前支索来升降，桅杆的底部还有各种类型的桅座。横帆挂在桅杆上，显然只在顺风航行时使

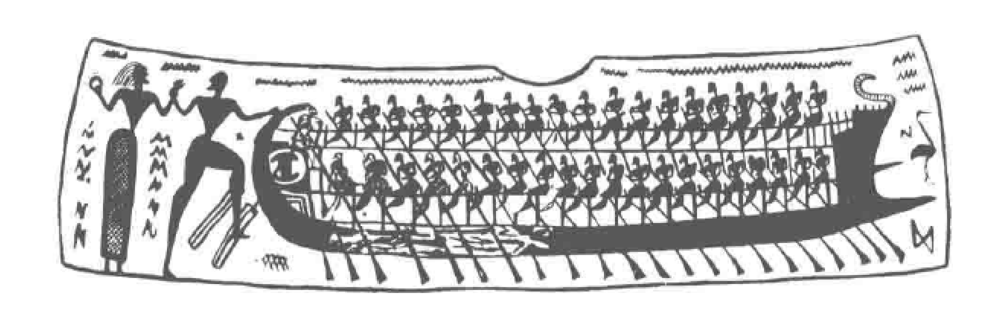


图 516 一艘“荷马式”木制战船；帕里斯 (Paris) 正带着海伦 (Helen) 登船。出自公元前 8 世纪的一只几何图形花瓶。注意有两只舵桨。船的右侧部分清楚地表明，画家试图描绘出每侧都有一排桨手。

用，高高的船尾楼则被设计用来抵挡尾随浪的冲击。船由安装在每侧尾舷上的舵操纵，船中央甲板非常低，桨手靠支在架起的横木上的桨来划船。横木可能不久就被拼装的船侧面所取代了，因为大约公元前 500 年的许多花瓶上，精致的绘画显示了带有完全拼装的侧面的船，桨则可通过舷侧桨孔划动(图 517)。

对于这些早期战船的划桨方法存在着许多争论。像双层桨船 (bireme)、三层桨船 (trireme) 以及五层桨船 (quinquereme) 这样的称谓，被一些权威学者用来表示所论及的船只是在离水面两个、三个或五个不同的高度上分别用桨操纵划行。另一个学派则认为，这些称谓表示的是每一列单排桨的桨手人数，因为同样在现代术语中，双座桨表明

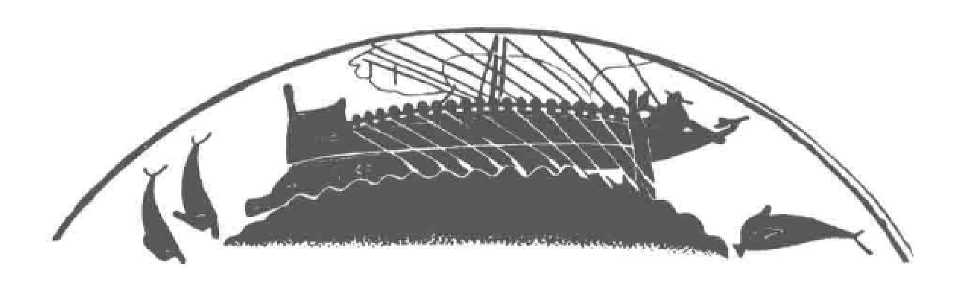


图 517　晚期类型的希腊战船，建有竖起的船舷。出自公元前 6 世纪的一只基里克斯双耳酒杯。

每支桨由两位划手操作。第二个学派指出了稍后的西欧战船划一支桨需 5 位桨手，而葡萄牙捕鱼船（saveiro）上划一支桨需要桨手的数目达 9 位，甚至是 10 位。对于五层桨船来说，一桨一位桨手几乎是难以相信的，因为桨的长度和重量似乎超出了一名桨手的能力。

在荷马式船只上，似乎曾经只有一人划一桨。后期的文献中，无疑暗示着存在不同位置的桨手，但这可以从两方面来考虑，例如一名桨手可能坐着拉桨，另一位桨手则站着推同一支桨。就当时的绘画而言，公元前的绝大多数战船都只有一层桨。然而，从古希腊花瓶和一件粗糙的古希腊雕刻品中，我们相当清楚地看到船只每侧建造有双层或 3 层桨，有舷窗口和正在划船的桨手（图 515、图 518）。另外，还有美索不达米亚人关于正在海上航行的带有双层桨的战船的描述（第 I 卷，图 543）。非常奇怪的是，似乎没有任何特定的术语描述最有代表性的单层桨船。

566

大约到公元前 250 年，几个东地中海强国拥有了大型战船编队，大部分战船是 5 层桨船。然而，马其顿的安提柯二世（Antigonus II）和埃及的托勒密二世（Ptolemy II）之间的战争（以约公元前 258 年的科斯岛战役而告终），向我们介绍了

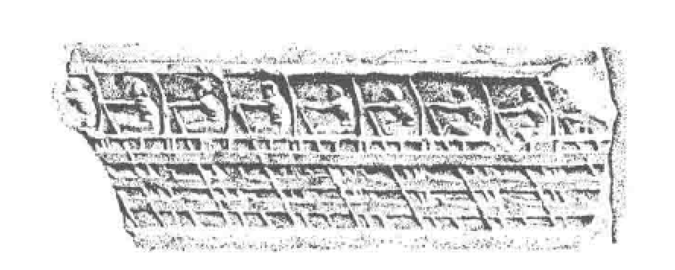


图 518　希腊的 3 层桨船，出自雅典卫城的雕刻品。3 层桨显现在桨架上，或在 3 个平行桨手座的舷窗口上。最上部的一排桨座可能就是伸出船两边支桨用的舷侧横出的支架。第 2 排桨座（操作中间一排桨）就是船体的边沿。第 3 排也就是最下面一排桨低于船体。



图 519 “带翼的胜利者”站立在战船的船头上。出自一枚硬币，可能是为纪念马其顿的德米特里一世（Demetrius Ⅰ）于公元前 306 年，在塞浦路斯的萨拉米斯对托勒密一世的海战胜利而发行的硬币。底座下可以清楚地看到舷外托架伸出来，就像卢浮宫里（未完成）的塑像那样（图版 35）。

一个全新的船舶术语，以及一种或许是完全不同类型的船只，这就是可能来源于科林斯的装甲战船（*cataphract*）。据说，建造安提柯的巨大装甲战船时所用的木材，足以制造 15 艘 4 层桨船，而划行动力之比为 9∶4。我们由此可以推断出，由于 4 层桨船每支桨有 4 名桨手，因而这种装甲战船的每支桨会有 9 名桨手[1]。术语 *cataphract* 不仅用于船只，也用于佩戴盔甲的重骑兵，含义是装甲。人们认为装甲战船用厚实的船壳外侧板保护，可防止撞击受损，而且在桨手上面铺有甲板，用来保护划手，同时还建造木板隔舱，以放置重要的物品。

安提柯在科斯岛战役中的胜利，使装甲战船名声大噪。非常有趣的是，在接下来的和平会谈中，托勒密的全权代表是尼多斯的索斯特拉图斯，他设计了亚历山大城的大灯塔——法罗斯岛灯塔（边码 521）。著名的“带翼的胜利者”塑像（图版 35），大概是由安提柯建立起来的，用于纪念科斯岛战役，胜利者站立在装甲战船模型的船头上（这种类型的战船也被称为 *corinthia*）。在早先的硬币上，相似的胜利者塑像也可见到（图 519）。

567

公元前 3 世纪中叶，战船发展成为有明显区别的轻型战船和重型战船。几个世纪以来，这两种类型几乎一直没有变化。

1　某些作者推测，起初的希腊战船为一人一桨，有 3 层（或 5 层）桨。但是后来，每支桨上使用更多的划手来增加划行动力，而不再增加桨的层数。因而双层桨船、3 层桨船等的称谓，所描述的船只就是每人一桨，而桨的层数不止一层。更大的船只的类似称谓（15 层桨、40 层桨等），有 5 人一桨的 3 层桨座，或者 8 人一桨的 5 层桨座。但是，这类船只存在的证据是令人怀疑的。

荷马对奥德修斯准备从卡吕普索的小岛里逃出来时的描述，给了我们一个目击者对宽底商船制造方法的叙述。整个船体结构用木钉揳嵌在一起，木钉透过船壳板嵌进为数众多的肋材里。船上装有部分甲板，中央甲板很低，所以需要有用树枝铺衬的围栏，而不是用黎凡特小商船使用的那种中央甲板布栏。船上装有单个尾舵和有可能是横帆的船帆，有帆桁、升降索、操帆索和帆脚索，没有提及有稳帆索。然而，这是一艘帆船，不是划桨船。

从这个时期起，商船通常使用帆，战船则使用桨。这在经济上是必要的，因为商船付不起众多船员的工钱。船帆的巨大进步归功于商船船长们的聪明才智。战船配有相对众多的水手，可以忽视那些节省人力的装备。这可以在我们自己的航海发展史上找到证据，例如，巨大的中桅帆和让人筋疲力尽的船首三角帆，一直在皇家海军中使用着，船商们则很早就将这些帆分解成更小的单元。

虽然几乎没有保留下来的早期商船的可靠描述，但是在大约公元前 500 年的一只花瓶上，有一幅很精致的古希腊商船的绘画（图 515 左）。绘画显现了设计良好的船体和船首，这种船首后来被称为提琴头状船首或飞剪形船首。绘画中的船装有单桅杆和横帆，这是唯一的动力源，船的尺寸看起来并不是很大，桅杆由两侧的单根支索支撑着，可以见到中央甲板的围栏。

568

很久以来，商船就可以在地中海的任何地方航行。圣经上的记载始于大约公元前 400 年，它描述了所罗门时期（Solomon，约公元前 950 年）从巴勒斯坦到西班牙西南的泰尔希什（Tarshish）[1] 的航行。虽然不是当时的记载，但是这样的圣经传说通常都被证明确有其事。在西班牙发现过早期的腓尼基象牙，大约公元前 10 世纪在巴勒斯坦雕刻（第 I 卷，边码 672），据推测是用圣经上所述的“泰尔希什商船”由

1 “泰尔希什”是一个腓尼基语单词，意思是“熔炼品”。雇来运送金属或矿石的船只被称为泰尔希什商船。泰尔希什可能是一个特别重要的熔炼厂所在地。

海路运达西班牙。在西班牙，也发现过爱尔兰的黄金制品。泰尔希什贸易显然是十分重要的，那里的人们可能不仅与东地中海和不列颠群岛有持久的接触，也发现了马德拉群岛和亚速尔群岛。人们还需要了解的是，泰尔希什所处的位置及对其遗物的发掘。

泰尔希什与希腊地区有着接触，希罗多德提到萨摩斯岛的克劳斯（Colaeus of Samos）带来了一船贵重货物。此后在大约公元前650年，作为腓尼基的提尔（Tyre，公元前814年）殖民地发源地的迦太基，建成了当时世界上最大的商船。他们不仅摧毁了泰尔希什（约公元前500年），也关闭了希腊人和伊特鲁里亚人航运通道上的直布罗陀海峡。他们的造船业可能有着相对较高的水准，因为在大西洋中部的亚速尔群岛上的科尔武发现了他们的钱币。他们的贸易远达西欧沿海地区，只是关于他们商船的资料一点也没有留下来。他们的部分钱币似乎描绘了古希腊形式的战船，对于他们的商船却几乎没有一丝踪迹——就像不了解“泰尔希什商船”一样，是一个重大的知识空白。约在公元前500年之前，迦太基人哈诺（Hanno）航行到了遥远的非洲西海岸，返航时在船头上放了几只大猩猩的头颅。大约在同一时期，希米尔科（Himilco）航行到了北方，可能是不列颠和爱尔兰的锡产地。

必须记住，尽管我们有大量关于古代世界的信息，但这仅仅是曾经为人知晓的事物中的很小一部分。在一次航海记载留存至今的地方，这样的航海曾经有过上百次。在发掘场地找到一个外来物品的地方，许多类似的物品曾经存在于那一区域。总之，除非一个人喜欢用绘画来表示自己的船，否则这些记载极可能保存不下来。许多爱尔兰人在公元前的几百年间做了惊人的航行，然而没有留下一幅描绘他们的船的图画，除了一些他们带了什么和某些船乘坐了多少人这样简单的描述以外，没有任何其他东西保存下来。泰尔希什的遗址一定隐匿了许多秘密，但是迦太基人的记载非常稀少，在法国南部和西班牙的希腊贸易区，也没有任何这类踪迹可循。

569

因此，1954年在马赛附近大孔格洛岛不远处发现一艘希腊商船的残骸，就成了一桩非常引人瞩目的事件。来自潜水员的第一批报告称，船长100英尺，船体用铅包覆着。在船上捞出了酒坛子和浅底盘子等货物(图100)。酒坛塞上的商标显示，船是在大约公元前250年从罗德岛运送酒和陶器等货物时失事的。用铅包覆的船体引起人们极大的兴趣，说明希腊商人已经掌握船蛆可能造成灾难的道理。船蛆是一种令人讨厌的双壳软体动物，常使18世纪在地中海航行的英格兰船和荷兰船只用不了几年就报废了。

人们早就知道，在罗马时期早期就使用铅包覆船体，因为在内米湖上卡利古拉皇帝的船上，见到了这种保护船体的做法(边码572)。早在公元前250年就使用这种方法，说明那时木船的构造就已经达到了较高的水平(图522)。

当时所具备的技能并不是新的东西。至少早在公元前2000年，人们就经由海上从地中海的东端到西班牙，再从西班牙到苏格兰北部。约在公元前300年，由于迦太基对直布罗陀海峡通道控制的放松，来自马赛的希腊人皮西亚斯(Pytheas)能够航行到冰岛并返回，还带回了第一手可靠的大不列颠岛地理资料，并存留了下来。像在大孔格洛附近沉没的那种商船，非常适合航行于从英格兰到冰岛的通道。在后来的几个世纪中，爱尔兰的修道士们经常尝试使用皮艇在这个通道航行。使用这样的船只，迦太基人或希腊人不仅能到达亚速尔群岛，而且也能到达美洲。人们认识到了地球是圆形的，可以围绕它航行，所谓古代船员从未冒险走出陆地视线范围的说法是错误的。公元前1500年，人们已经在克里特岛和埃及之间直接航行。

罗马和迦太基之间爆发的战争，可能对航海业有重大的影响，因为它导致了基本是农业人口的罗马人，变成了地中海和所有西部海洋的主人。按照拜占庭历史学家普罗科匹厄斯(卒于约565年)的叙述，正是被风吹到意大利海岸上的迦太基战船，成了后来罗马战舰的原型。

由海战中罗马的战术来判断，这艘战船一定是装甲战船。

当时，罗马人并没有花时间去改善轻型战船的操纵性能，而是完全依赖接舷大木板。为此，他们开发出一种铰链式的船舷梯，舷梯外端带有长尖钉，通常保持竖起，直到靠近敌船舷侧才放下，用长尖钉刺穿敌船甲板，不仅使两艘船抓牢在一起，也为罗马士兵提供了登船的桥板。虽然罗马人在海战中非常成功，但海军船长们很长时间都没有掌握海上航行的技术，以至于他们的舰队在下风岸发生搁浅时经常发生大规模的灾难。

570

一个非常精致的罗马雕刻（图 520），展示了稍晚一些时候罗马战船的船头部分。桨有两层，桨柄用皮革环固定在船的侧面，使划桨孔防水。船上装有坚固的撞角和高高的曲线形船首柱，用粗壮厚重的木料制作成锚架。在艏楼前部有高高的塔楼，用于驾驶和观察瞭望。一个小型桅杆装在桅座上，类似在船首处向前耸立的斜杠，桅杆上挂一个像伊丽莎白时代那样的斜杠帆。当太多的桨被破坏到无法使用时，它可用来帮助战船撤出海战。船员出入口位于锚架的旁边，出入口的后面是高架在桨上方延伸出整个船外侧长度的走道，以便士兵行动。这艘战船通常被叫作双层桨船，但它似乎更像是一艘装甲战船，可能这两个称谓都可以用在这样的船上。

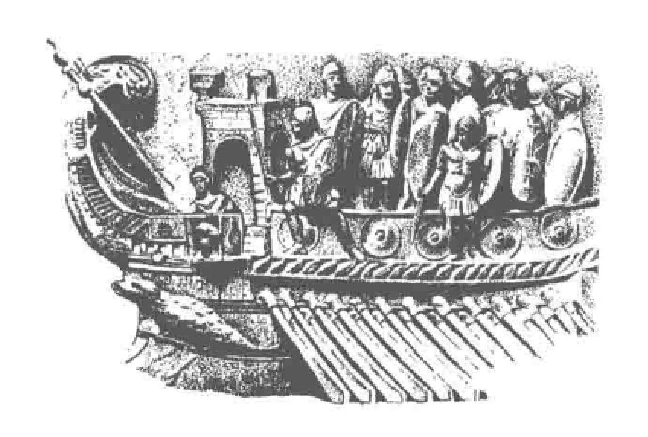


图 520　罗马的战船。出自约公元前 30 年帕莱斯特里纳“幸运寺庙”中的一幅雕刻。
下排桨从船桨架下面的船侧板中伸出，上排桨则从船桨架下部伸出。作品中的船桨架上部，即士兵站立的地方是否有第三层桨孔尚不能确定。

庞贝（公元 79 年被毁）的壁画中，有几幅完好的战船绘画（图 521）。这些船都只有单层桨，两个尾舵从上面提到的船舷作战走道尽头的孔中穿出。如果没有船舷走道，船尾有点像后来挪威长船的船尾。壁画上的船有一个撞角船首，这在北方船中较为罕

见。船上仅有一根桅杆，插在船中心稍靠前一点的桅座上，杆头成锐角向前倾斜，桅杆上有一条前支索和一个由转帆索操纵的横帆。船尾楼上的弧形天篷可使官员或许还有舵手免遭日晒雨淋，当然在战斗前要拿掉天篷上的帆布或其他遮盖物。

571

后来的1500年中，战船的基本形式没有多大改变。当这类战船最终在18世纪不再使用时，对其较有研究的一位佐治亚海员留意到以下一些变化。两个尾舵被一个用舵栓悬挂在船尾柱上的单舵取代；桨的支点变成固定在曾经是士兵走道的围栏上；撞角完全高出水面，形成一个明显的突出部分。两根或更多根挂有三角纵帆的桅杆，取代

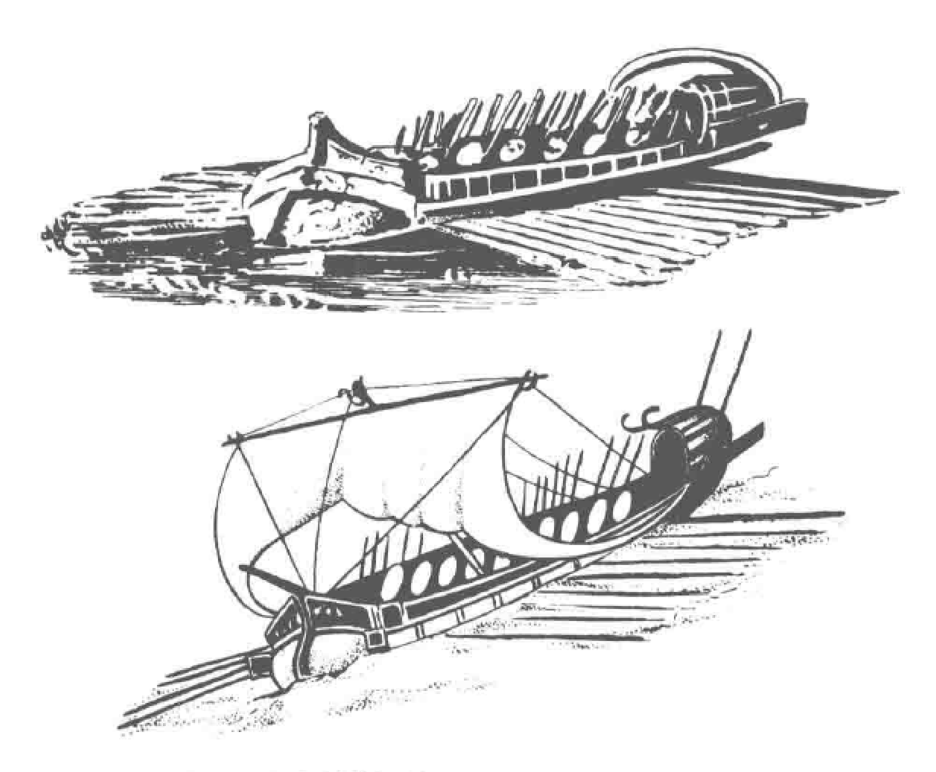


图521　出自庞贝的木制战船图。
（上）仅配有桨；（下）配有单桅杆和横帆。

了单根挂横帆的桅杆。对所有船只来说，船舵一直都有改进。海战的接舷攻击能力，已经被艏楼上的两门24磅重炮取代，船侧走道就用作更长的桨的舷外托架了。然而，战船的基本思想仍然保留着。最终的这些战船并不是防护能力强的笨重装甲战船的后裔，而是轻型快速的希腊双层桨船或3层桨船的后代。根据已知的某些战船5个人划一

只桨的事实，我们或许有理由将它们称为 5 层桨船。

在海战中，装甲战船型的重型战船并不总是胜利者。据说在公元前 31 年的亚克兴战斗中，屋大维（后来成为罗马帝国的皇帝奥古斯都）的轻型战船击败了安东尼（Mark Antony）的重型战船。虽然我们几乎不知道最大的装甲型战船尺寸到底有多大，但从内米湖上发现的卡利古拉（37—41 在位）的游船来看，这种船有可能不比拿破仑时期的战列舰小多少。卡利古拉皇帝为建造这样的船花费了大量金钱，并习惯乘一艘 10 层桨座的船沿意大利海岸划行。很难明白为什么如此多层的桨座（如果 bank 的意思就是指桨座的话）能够以层排列而不危及船的稳定性，但是这类船的尺寸确实是巨大的。

572

从中世纪以来，人们就知道内米湖中有着大型木船的残骸。1905 年，潜水员制定了勘查两艘木船的计划。估计较大的一艘约有 450 英尺长，192 英尺宽，船的总高度约为 51 英尺。在墨索里尼将内米湖水排出以便检验船只时，船体底部骨架以上位置的结构仅存很少一部分，然而船体结构的主要特征还是很清楚的（图 522）。

虽然内米湖中的这些船只为在湖泊中使用而制造，却是以海船为模板进行设计，完全是平接式的建造结构，使用松木船壳板，用木钉揳嵌组装。船壳板外面铺着很厚一层涂有沥青的布衬，布衬的外面是铅皮包覆层，用青铜螺栓紧固在船壳板上。我们这里并不关心船内的豪华设施，也不关心甲板上大面积的马赛克铺面，更不关心船上用铅管利用池塘供水的竖立在花园里的雕像等，我们认为更重要的是，造船技术在 30—40 年就达到了如此高的水平，可以建造比克里米亚战争时期木质战列舰中任何一艘都要大的船只[1]。英国皇家海军舰船“惠灵顿公爵号”（131 门火炮），在 1852 年下水，炮甲板全长约 240 英尺，船龙骨约 202 英尺，高度约为 24 英尺，载重量约为 3771 吨。适当考虑到卡利古拉的狂妄夸张，公正地评价亚克兴战斗中安东尼的装甲

573

1　然而，战列舰是为了抵御海上风暴的冲击，而不是为在平静的湖水中航行建造的。

战船尺寸——从某种程度上说还有其水下部分，完全可能与特拉法尔加海战中纳尔逊(Nelson)的战舰相当。但是，它们并不需要18世纪战船那样非常结实的结构。安东尼战船甲板上的弩炮(据他说打算依靠它取胜)，应该从未发射过任何威力接近火药的炮弹。

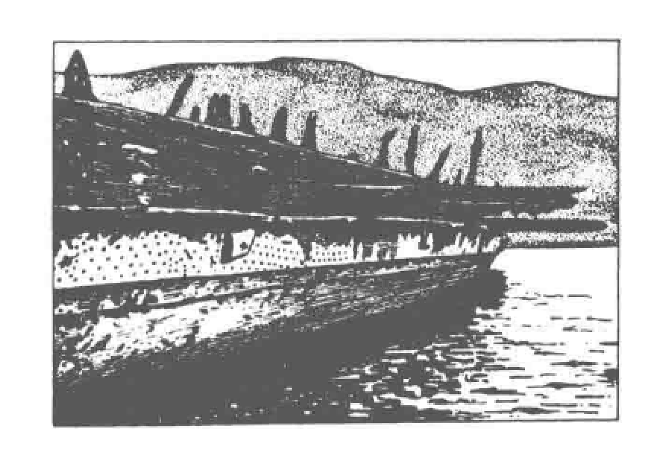


图522　内米湖中的罗马游船。
显示有铅皮包覆层和舷外托架的支撑。约公元30年。

大型船舶的制造可能在卡利古拉时期达到了顶峰，没有任何敌人能在海上同罗马人抗衡。当撒克逊掠夺者侵扰北部海洋时，不再需要装甲战船，需要的是轻型快速的海船和巡逻艇。这样，第一代大船时代终告结束，这并不是造船工艺存在问题，而仅仅是因为它没有必要继续存在下去。

商船有着完全不同的发展经历。罗马需要连续不断的海运进口品，尤其是谷物。海盗已经在地中海销声匿迹，对商船的唯一威胁是恶劣的天气。金属、纺织品、毛皮、钻石、象牙、酒、油，最主要的是谷物，从世界的各个角落——西班牙和突尼斯、不列颠和北高卢、埃及和小亚细亚、印度和锡兰、波罗的海和黑海，运进意大利。这些大宗交易大多通过海上运送实现，无法想象，离开了船舶运输会是怎样一种情形。对船运发展的阻碍并不是船舶结构本身，而是缺少合适的装置，使之在任何方向的风中都能航行。

574

认为这些罗马时期的船只只能顺风航行几乎肯定是错误的，但很清楚的一点是，它们从不逆风行驶，在这方面的能力极为有限。因而，大多数船只开始航行前要等待合适的风向。同样地，印度洋上的商船航行前习惯于等待季风。

几件保留下来的石头雕刻，提供了1世纪和2世纪时期罗马商

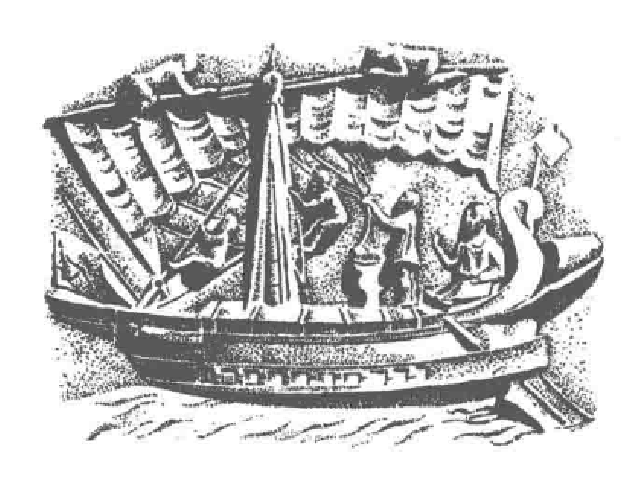


图 523　罗马商船，出自庞贝的一块墓碑上的雕刻。船员们正在操纵主横帆，船头部分不是很完整，但是可以见到挂小首帆的斜桅杆。

船的大体轮廓（图 523、图 524）。应该记住，几乎每位艺术家都习惯于在作品中将船身处理得太短，同时将舷弧线（从船头到船尾的曲线）处理得过长，但我们还是能从这些古代雕刻中得到非常有用的印象。船体的圆度达到了现代大多数海上渔船那样的程度，船幅是船长的 1/3.5 或 1/4。设计优美的船尾结构用来抵御尾随浪的冲击，仍然存在两个尾舵，很难掌握的单个船尾柱舵并没有和古希腊的船舶构造理念发生冲突，船体建造得非常坚固，有三块或更多的舷侧纵木板条，以保护船壳板在停靠码头时免遭擦伤，这也加强了在



图 524　海港中的罗马商船，出自奥斯蒂亚出土的一件雕刻。显示有尾舵、斜前桅杆、缆索以及桁索上方的三角形顶帆。注意背景中的灯塔。约 200 年。

海上纵摇时肋材的坚固性。船首高于吃水线的地方建有凸起的撞角，以方便水手操纵首帆。船上有锚架、甲板室，船尾瞭望台外侧建有船神的供台。一根主桅杆插在船中央，由一根粗壮的前支索拉着倾向前方，船的前桅甚至更加陡峭地斜倾在船首。这两支桅杆上都装有横帆，使用现代方式的转帆索控制。有一面三角形顶帆，或者是有一对安装在主桅横帆上方的插在各自帆桁臂上的顶帆。至少有一幅雕刻中的主桅杆十分巨大，以至建造了数根嵌接在一起的帆桁柱，由数根侧支索支撑着。这些侧支索使用短索和三眼滑轮竖立起来，但三眼滑轮不像现代船只那样紧固在肋材的链盘上，而是紧固在穿过拴在大型侧向板条之一的带环上。然而，这种方式本质上是很现代的。桅杆倾斜程度有轻微改变，从横向到纵向的索具变化，给人一种现代意大利航海帆船的印象，这一点只是它走向人见人爱的美洲帆船——两桅杆支索帆纵帆船的第一步。与这些现代类型的帆船相比，那时的罗马商船看起来船首低而船尾高，这是因为船只被设计成只能顺风航行，而不必经受住顶浪航行时风浪的冲击。这一缺陷比任何其他因素都更能表明罗马商船的局限性，并且一直持续到现代，在大多数伊丽莎白时代的船只绘画中都能见到。

575

这不是商船的唯一类型，地中海地区的许多镶嵌图案中也出现了帆船，甚至是带撞角首的划艇，这种撞角有些就是船首柱底脚上面龙骨的凸起。如果与其他船只发生碰撞，撞角将起到保护船首柱的作用。可以十分合理地认为，这种形式的船首非常古老，是从早期带有龙骨结构的船演化而来的。龙骨事实上受原始独木舟船身的影响，所有平接式构造的船都是从独木舟那里延续下来的。船首柱或船尾柱（第一块船侧板装配在它们的端部）可以建在独木舟内，也可以建在它的末端。带有撞角的船从带内部船首柱类型的船演变而来，所有目前平接式构造的船则从其他类型的船演变而来。

最近在叙利亚发现的一只显然是按比例缩小的比较精致的撞角

型商船模型，极为引人注目（图 525）。它由青铜制成，长 15 英寸，曾被用作灯具。模型所代表的船只类型，被认为来自哈德良（Hadrian，117—138 在位）时期。船的形状十分不同寻常，与现代标准相比显得特别圆，船身长度只有船宽的 2.5 倍。这类船的许多结构特点已经引起关注，例如船体两侧有两根非常坚固的护板条、一对尾舵和两根桅杆等。但是，原始模型似乎带有划桨孔，或有比无撞角船更高的舷墙，撞角的重量可能会造成比其他类型船只更严重的摇晃。在海盗被罗马海军清除很久以后，这样的船首特征仍然存在，只能说明造船工匠的保守，他们不愿建造自己习惯之外的任何其他形式的船首柱。北欧的一些船只还要落后于罗马船的水平，使这种残存的撞角船首保持更长的时间。

576

在后来罗马的马赛克船图中，船尾不再有鸟嘴形首端和尾部瞭望台，船首柱和船尾柱高耸。除了船首柱更明显地向前倾斜之外，人们可能会认为，艺术家正力图展现后来北欧海盗那种类型的船只。

唯一有记载的罗马商船，是在 1901 年伦敦威斯敏斯特大桥旁的淤泥中发现的，除了底部肋骨和部分船壳板以外，几乎没有什么残留下来（图 526）。从嵌进船体板材间的硬币推断，船的年代在 280—300 年间。因为残留下来的东西太少，很难清楚地再现船的原貌，但可以知道船长 60 多英尺（约 18 米），是用木钉嵌接在一起的平接式结构，无铅层包覆。沿两侧的舷缘板仍然可见，而且直接嵌接在外侧列板之间的肋骨上，并不像现代渔船上的防摩擦列板。

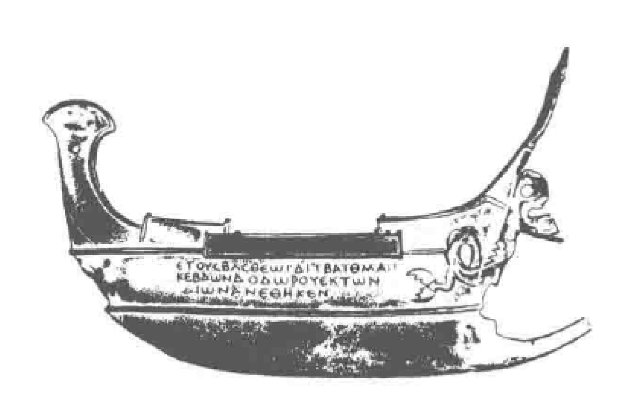


图 525　商用帆船船身的青铜模型。出自黎巴嫩利塔尼河谷古。121—122。

其他的罗马商船想必不时也曾发现过，只是由于它们和更近代的船只非常相似，因而未能被辨认出来。

古代世界的水系是十分重要的运输通道，因为水运（即使有了罗马人的公路）总是比车运或动物驮运要便宜。尼罗河和幼发拉底河是最古老的水上交通通道，但是早在大约公元前500年的法国，河流就被广泛用来从马赛横跨全国运送沉重的货物。斯特拉博描述了杜罗河上运酒的驳船，参与这种贸易的Barco rabelo如今还保留着某些古代时期的特征，不仅挂有装饰着古希腊图画上的横帆，而且以某些早期埃及船那样的方式将船尾上的长桨当舵使用。

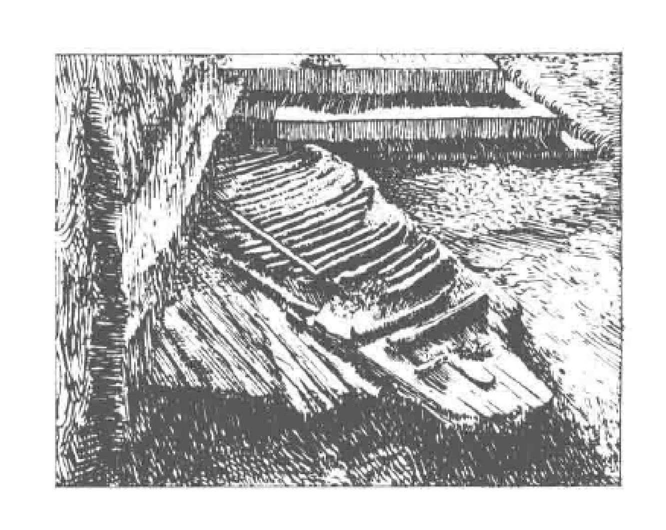


图526　威斯敏斯特大桥附近的泰晤士河中发现的一只罗马船的残骸。
肋材宽5英寸，肋材平铺，其间留有10—20英寸距离。残骸长38英尺，宽18英尺，它可能是一艘远洋帆船。约公元300年。

在罗马帝国时期，内陆驳船交通具有相当重要的经济价值。为强大的高卢驳船船员行会的会员们建立的纪念碑上，雕刻着驳船的图案。一些船一侧有数支桨和撞角式船首，以及弯曲的海船式船尾。其他一些船的外观是双端的，带有高高弯曲的船首柱和船尾柱（图102、图103）。

577

在整个古代世界，驳船的类型似乎多少有点标准化。即便到了现在，英格兰和意大利的老式驳船之间也几乎没有差别。英格兰驳船看起来是搭接式结构，但还不能推断出起源于北欧海盗船。它们事实上是用木钉嵌接在一起的，无论是基本形态、弯曲的船首和船尾，还是涂漆的工艺，都说明它们起源于欧洲南部。

河运驳船的建造特点是没有龙骨。代替龙骨的是宽厚的木板，用5块或更多块类似的厚板组成平的船底板。组装肋板或肋材非常沉重，可嵌接成大的底板肋材，而后连接成高出水面的厚重的纵桁（在壳板之内），使得驳船纵向强度加强。1900年在埃塞克斯的沃尔

瑟姆斯托发现的一艘船，被认为可能是一艘盎格鲁－撒克逊驳船，有一个长约 45 英尺、宽为 7 英尺的平底，用钉头敲弯[1]而组装起来的船壳板应被看作混合型的。这只驳船从水中被拖出，船底朝上地放在一艘约 9 世纪的北欧海盗船上，驳船本身是英格兰制造的。

后来，某些驳船逐渐演化成海船，虽然很长时间都保持着原先的单桅杆和横帆。然而，除了亨伯河平底驳船以外，大多数驳船最终选择了装备斜杠帆。驳船的发展顶峰无疑是泰晤士驳船，但它并不是唯一的。亨伯河平底驳船虽然外观上很粗糙，但也很有名气。像泰晤士驳船一样，塞文河小渔船采用了船尾肋板的形式。然而，所有这些都是从平底内河驳船的同一普遍形式演化而来的（如法尔茅斯的花岗岩驳船和卡昂的石头驳船），这种形式很可能非常古老，甚至可以追溯到罗马人在高卢和不列颠的河流上使用船的时期。

随着权力中心从罗马转向拜占庭，我们有关地中海船舶的知识似乎出现了最严重的空白，造成了一种"在造船的技术发展中北欧船最重要"的错误印象。除了建造大型战船之外，地中海造船工匠的造船技能不可能失传。不幸的是，拜占庭的希腊人不是船舶大师，而且掩埋在他们那个时期文献中的信息还没被彻底地仔细研究。

578

我们很清楚，许多世纪以来拜占庭海军一直保持着很强的实力，而且领取报酬的平民划桨手取代了罗马时期的奴隶。然而，我们还不是特别清楚那时船只的样式——虽然许多战船显然属于轻型战船，它们完全被当今真实存留下来的北方战船夺去了光彩。

很早以前，北欧造船技术就同地中海的造船技术存在着分歧，这种分歧可能发生在荷马时期前的许多世纪。没能进入巨大的东欧航道的早期类型船只，几百年来开始在波罗的海地区逐步被接受，从这些初期的北欧船进化出了搭接式结构的船只。直到接触了高卢、不列颠，甚至是波罗的海等地的南方造船工艺后，这些北欧船匠才开发出自

1　指砸弯钉头，把钉头打入并固紧在垫圈或衬垫上。

己的适于航海的战船，所有早期设计都缺少合理结构的要素——船的龙骨。

在被欧洲南部地区废弃很久以后，两种非基督教习俗仍然在北部存在，向我们提供了大约一千年间北欧船的实际样式。其中一个习俗是向某些水神奉献战利品，另一个习俗是把男人和女人埋葬在他们的船里。第一种习俗只找到少数几个实际例子。第二种习俗在北欧许多地区都很普遍，已经在瑞典、挪威、苏格兰、英格兰和法国北部发现了实例。被发现的向水神奉献的船，比埋葬人的船的时期要早些。在日德兰的阿尔斯附近发现的约茨普林艇几乎就是合成的独木舟，由5块用斧劈成形的船壳板构建而成，用系绳通过船板内表面上由斧劈的系绳栓捆绑在肋材上。这种极其原始的圆底艇，没有显示出与南部船有任何联系的迹象(图527A)。

到4世纪，北欧造船业出现了很大的变化。在先前的五六百年中，他们与南部造船业有了显而易见的接触。在石勒苏益格地区尼达姆的沼泽地中发现了两艘船，其中一艘几乎是完整的，使用了制作约茨普林艇的原始制作方法，但是船的两端高高翘起，类似于欧洲南部的船只(图527B)。它们依然没有真正的龙骨，但是船底板的宽度和厚度缩小了，而且使用了10块船壳板，而不是5块。它们没有桅杆，是完全的搭接式构造，因为重叠的船壳板边沿使用平头铁铆钉紧固，而不像早先的船那样拼合起来。船上15对划桨用生牛皮索环固定在船侧上缘的角形木制桨拴上，操舵用的是单尾舵，桨手乘坐的横板紧靠着船侧上缘的下边。

579

虽然比约茨普林艇有了极大的进步，这种船依然十分原始，当时不列颠的盎格鲁－撒克逊入侵者不会指望同结构优良的罗马战船相对抗。罗马防御要塞的位置明显说明，这些掠夺者从未越过北海，而是试图在渡海前紧靠着从德国到多佛尔海峡的海岸边航行。除了巨大的船体之外，在萨顿胡的盎格鲁－撒克逊人埋葬地发现的船只非常

像尼达姆船（图 527C）。

由于海盗战船狭长且纵向脆弱，北欧人那些经得起风浪的狭长型快船要想随意地从挪威到爱尔兰或从爱尔兰到西班牙，必须先做许多改进，横向和纵向的强度都需要加强。由于这些改进必须通过改变船首柱和船尾柱的倾斜度来完成，从而需要建造船侧，此外也需要真正的龙骨。据信在 800 年后不久就死去了的国王奥拉夫·格尔斯塔德—阿尔弗（Olaf Geirstad-Alv）的埋葬地，发现了保存得几乎很完整的戈克斯塔德（挪威）船（图 528）。这种船可能在大约 9 世纪就已经有了，船中部单根桅杆上装有横帆，加高的船侧开有划桨孔，船的每一侧有 16 位桨手。船总长接近 80 英尺，宽度大于 16 英尺，排水量等级相当于 20 吨。

580

然而，一些考古学家认为，戈克斯塔德船可能要比上面推测的时期晚近 200 年。如果这种假设能够被普遍接受，必然可以推断出早期北欧海盗船队的船只开发得远不及迄今认为的那么先进。有一些阿尔

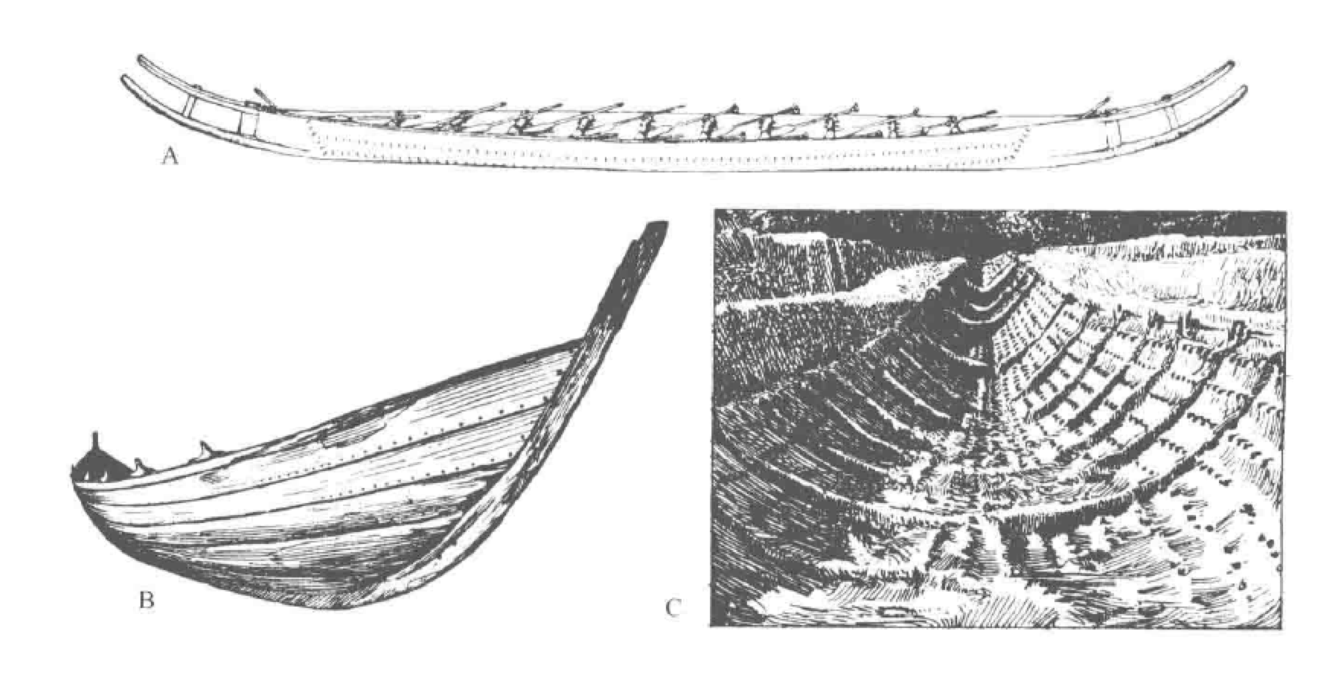


图 527 （A）在日德兰半岛约茨普林发现的早期北欧海盗船的模型，可容纳分两排乘坐的 20 名桨手，早期铁器时代。（B）在尼达姆发现的北欧海盗船：4 世纪后期，全长 76 英尺，宽 11 英尺。（C）挖掘出土的萨顿胡船的船尾内视图，用“替换泥土”的方法显示了肋材和船壳板的形状，泥土里保留着铁钉，而木料已经腐烂。船是一种敞篷划船，约 80 英尺长，14 英尺宽，4.5 英尺高。船底板多块连接在一起，不像尼达姆船那样是一块木料。约 655 年。

弗烈德大王(King Alfred，871 — 899在位)时期关于战船设计改进的记载，其中《盎格鲁-撒克逊编年史》这样记录(897年):

阿尔弗烈德命令建造与海盗战船抗衡的狭长型快船，船长几乎是其他船的两倍，有些船有60支桨，而有的船还要多。它们都比其他船只更快更平稳，也更高。船的形状既不像弗里斯兰的船那样，也不像丹麦船那样，但是似乎对他来说，这些船会是最有效的。

这一段引语足以说明我们有关造船的知识存在多么大的空白。人们对弗里斯兰人和丹麦人建造了什么样的军舰一无所知，只知道挪威的酋长埋葬于船中，这种船有些仍被保存下来，并被假设为他们那个时代技术的最好例证。阿尔弗烈德大王对罗马人防御撒克逊人的计划

581

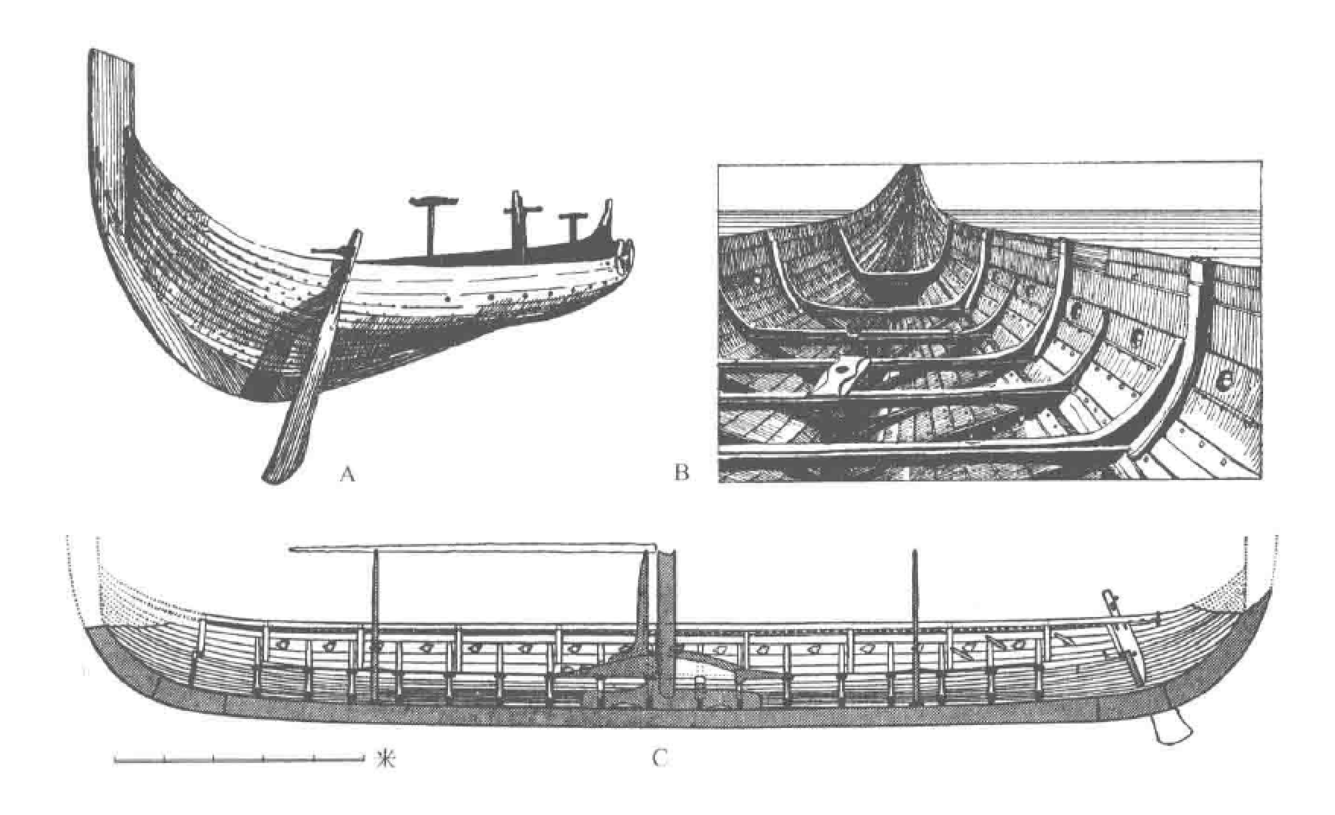


图528 (A)修复后的高克斯塔德船，从右舷船尾方向看。约800年。船全长78英尺，宽16.75英尺，高6.75英尺。残存的桅杆位于船中部，带有3个天篷的支撑柱，4个防护用具依然悬挂在船首，舵桨带有舵柄把手。(B)朝船尾方向看去的船内图，显示出天篷支撑柱的台座。一艘类似这样的船在1892年横渡了大西洋。(C)船的纵向截面图，显示出桅杆插入桅座的方法。

所做的广泛研究，可能有助于重新发掘罗马人的一些造船知识。他制造的战舰接近于用搭接法建造的木船体尺度的极限，不过也许没有局限于北方民族的设计方案。阿尔弗烈德大王和我们相隔的年代这么久远，其间诸多著述无法保存下来，所以他可以得到的那些有关罗马人造船的详细说明，现在已经不复存在了。

这仅仅是北欧人伟大的造船时代的第一个阶段。船只越造越大直到每侧至少有 30 支桨，也许有 60 支桨。它们是轻型的、有浮力的船只，但如果以为它们的抗波浪性能与那个时代的商船相比，那是错误的。例如，在中世纪北欧英雄传说（12—13 世纪）中，我们知道乘一艘狭长快速战船去法罗群岛并不安全，这段航行只能通过商船来完成。

也许多亏卡洛林王朝的法兰克人，很多新的想法才来到北方。从高卢人和不列颠人那里，北欧海盗学到了造船和航海的新知识。不过这些知识也有可能是在西班牙获得的，不管它是来自摩尔人入侵者还是西班牙人，当时西班牙在都柏林的挪威人宫廷里驻有大使。无论来自何处，它都给了北方民族在浩瀚的海洋上活动的自由。在海盗时代之前不久，只有爱尔兰的航海家可以享受这种自由。法国、英格兰爱尔兰和苏格兰的部分地区与冰岛和格陵兰一起，被开拓成了殖民地美洲被偶然发现，并且得到了局部开发。如果北欧人没有讲述他们的某些杰出人物生平故事的习惯，如果他们没有在船里埋葬其酋长的习惯，也许他们航海的普遍状况会像他们的爱尔兰前辈一样不被人了解爱尔兰人可能至少远达冰岛、格陵兰、纽芬兰和亚速尔群岛，他们乘着兽皮蒙的大型艇航海，每艇乘坐 20 到 30 人。这些爱尔兰探险家中圣布伦丹（St Brendan，484—577）是最有名的。

我们对古代爱尔兰人的船艇构造所知甚少，但显然大部分船艇只能乘 3 个人，不过有的则大得多。在福伊尔湖旁边找到了一个大约 1 世纪建造的、可能是较大的船艇的金制模型（图 529），它的原型船每

582

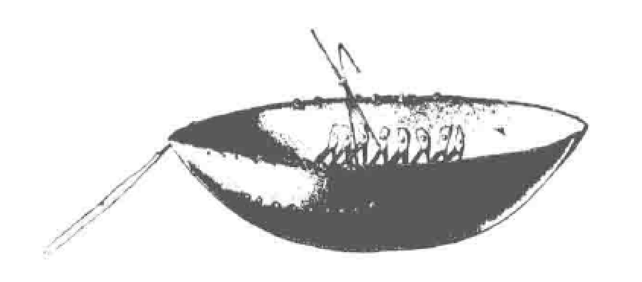


图 529 爱尔兰福伊尔湖出土的一个金制船模。时间约为 1 世纪。

侧有 9 支桨，以盎格鲁–撒克逊艇的方式穿过索环。由于没有桨架的证据，索环可能直接环绕着木围栏套上去，木围栏作为船舷的上缘，就像在爱斯基摩的乌姆雅克艇（*umyak*）上那样。这种艇的船首和船尾，构造是相同的。在左舷旁边的（与此相反，日耳曼民族在右舷的旁边）索环上有一只舵桨，并且在船中部有一根小桅杆，用以挂横帆。虽然不能肯定这个船模再现了兽皮艇，但极可能反映了其概貌。在剑桥玛格德琳学院的佩皮斯图书馆里，保存着 17 世纪的一只大兽皮艇的素描。除了带横梁的船尾外，这种大兽皮艇与船模一模一样。没有理由怀疑爱尔兰人能建造这种运 20 个人或更多人的船只，因为爱斯基摩人类似构造的乌姆雅克艇最多能运 40 个人，圣布伦丹所说的 20 人或 30 人绝不是难以置信的数字。

中世纪的船比古典时期的船更难弄明白。一套全新的命名法出现了，它很难与特定类型的船只完全对应。大部分船图画得很差，充分表明艺术家没有多少有关船只的第一手知识。

在北欧，用搭接法建造的大型圆形商船在中部桅杆上挂一面单横帆，这就是有名的柯克船（又称酒船）。柯克船也许不是来自北部的战舰，而是由北海沿岸各民族用于贸易的圆形船放大而成。由于各地海盗横行，所有的船都必须能够进行防御，军舰和商船之间的区别就变得模糊了，柯克帆船之间作战就像战舰之间作战一样。升起的作战平台（船楼）矗立在船的任何一端（所以有艏楼这个词）。船楼的概念可能是由十字军战士从地中海引到北部海域，只是结构比罗马船上的船楼更粗陋（图 530）。

583

最后，北欧人学会了逆风航行。为达到这一目的，罗马的船只普遍使用了三角帆。也许是劳德（Raud the Strong）学会了这门技

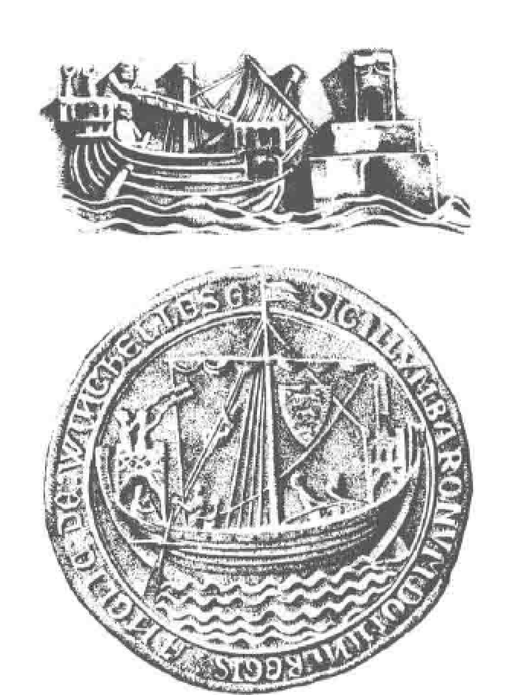


图 530 （上）双桅船和一座灯塔，出自比萨钟楼上的一块浮雕，12 世纪。看上去两根桅杆都带着横帆，前桅严重倾斜。船上有艏楼、尾楼及一个右舷的操纵桨。明显标记出了主列板。（下）单桅船，有艏楼和尾楼，位于 13 世纪晚期温奇尔西的一方玺印上。清楚地显示了右舷舵。两个人（船尾）提起带辘轳的锚，另两个人（前部）协助拖锚绳。

艺，这个在 10 世纪被挪威国王特里格夫松（Olaf Trygvasson）拷打致死的人，有一种“随心所欲的力量”。这门技艺在 14 世纪显然已广为人知，因为傅华萨（Froissart）说在 1385 年奥吕巴洛塔（Aljubarrota）战斗之后，葡萄牙的大使包租了“一艘叫作‘lin’的船，它比其他任何船只更接近风区”。在从葡萄牙到英格兰的通道上，他们有 3 天在海上，第 4 天进行了康沃尔人式的着陆。这段记述表明，这一时期的水手在跨越浩瀚大洋的航行中从不踌躇不决。

不幸的是，由于存在大范围的空白，完整的航海史仍是迷雾重重。我们不能确切地知道船尾舵何时被普遍使用，也不知道它是哪里发明的。有证据表明，中国知道这种舵比欧洲早几个世纪（边码 771），并且很可能在它被安到北方的船只上之前，已经在拜占庭的船只上使用了。在 13 世纪，北方发现了这种舵（图 531）。也许我们必须将斜挂三角帆的发明归功于希腊和罗马，这种帆其实就是古老的地中海方形帆，只是帆桁的末端向空中上仰，帆的前缘被剪窄了，使之易于在风中飘动。没有人知道，这种在地中海东部和红海很典型的纵帆最早是何时发明的（图 532）。三角帆“Lateen”是法语“（*voile*）*latine*”（即拉丁式帆）的音译。现在我们知道，这种帆和斜杠帆一起来自东罗马帝国。

584

船尾舵不能用相同的方式安装，因为舵固定在船只的尾部。多

少年以来，船上都建造了高艉柱，这种设计是为了适应船随着海浪升降。当舵安装在这种艉柱下面时，必须采取一些特殊手段来操纵它。在北方采用的并且至今还适用于挪威人和法罗人小船的一种方法是，在舵头成直角地安装一根横棒，再成直角地安装舵柄。这样，坐在船侧后部围栏边的舵手就可以操舵了。这种方法有明显的缺点，很快大部分造船者都认定它不够好。高艉柱必须去掉，并且就在船尾下打开一个口子，舵柄穿过这个口子从舵头直接到达舵手的手中。这几乎肯定是地中海人的发明，因为在有关北部船只的插图上还能看到高艉柱，看到与晚至16世纪同样的向舷外的转向臂。从一艘14世纪拜占庭皇帝约翰五世帕里奥洛加斯(John Palaeologus V，1354—1391)的船上，可以看到十分完善的舵。值得注意的是，这种船的两根桅杆上都安装了三角帆，桨也有两层，一层排列在老式战斗甲板(*katastroma*)的轨道上，一层在其下方。



图531 波兰埃尔宾(Elbing)玺印上的单桅船，带有艉柱舵。约1242年。

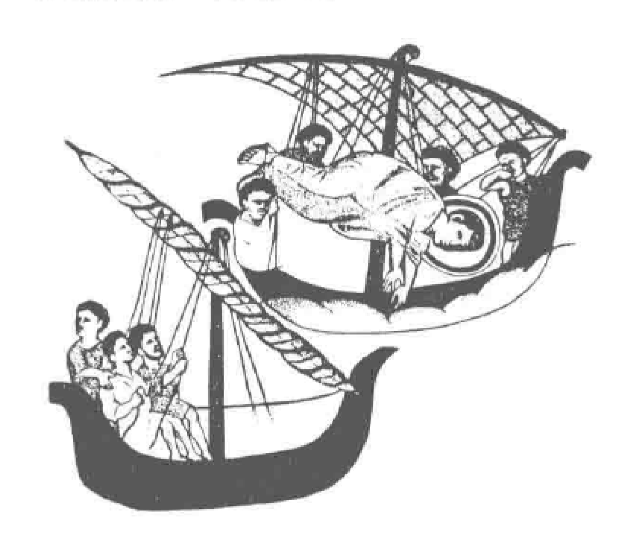


图532 挂三角帆的船只。出自大约886年的一份拜占庭手稿。清楚地显示了控制帆的升降索和滑轮。

585

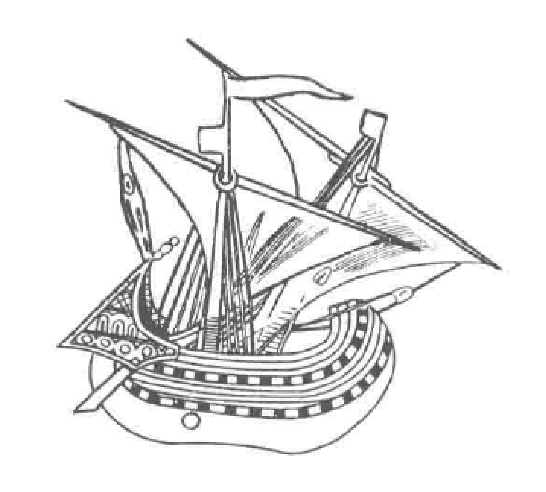


图533 13世纪卡斯蒂利亚商船，挂有两面三角帆。出自“智者”阿方索的《碑铭》(*Lapidario*)。13世纪。

到13世纪，西地中海的贸易交易量非常可观，其中很大一部分都通过威尼斯、热那亚和比萨的船只进行运送。不论有没有桨，这些船都有两根安装了三角帆（图533）的桅杆（前桅杆较高）。圣路易为他的十字军（1268年）租借了这样的船，能够航行到英吉利海峡。大约在14世纪初，意大利商人采用了北方的船只样式（柯克船），配备单桅、横帆和艉柱舵。不过，两个世纪多以来，战船一直使用三角帆（图534）。此后不久，当圆形的帆船发展到有3根桅杆时，后桅经常安装的就是三角帆（图536）[1]。

15世纪上半叶，尤其是在地中海地区，圆形的商用航船得到了迅速改善，这种船在北方用搭接法建造，在南方则像罗马船一样用平接法建造。改善过程的第一个阶段是逐渐采用第2个桅杆，就是早期卡拉克（Carrack）船上那样的小前桅杆，这种构造方式在北方很快就被模仿推广（图535）。后来，由于在打造船只的时候，前面的帆对舵施加了压力，人们发现有必要在船尾提供另外的平衡物。由此，人们逐渐在船尾楼使用第3根桅杆（后桅）。这种装配方式成为后来卡拉克船的标准，全世界的海洋就此向航海者们敞开。

586

最早的有确切日期的三桅杆卡拉克船图案是在1466年路易·德·波旁（Louis de Bourbon）的印玺上。不久，这样的插图变得很普遍。它们展示给人们一艘建造得非常坚固的圆形船只，船的舷侧有许多凸纹（图536）。船首延伸到高处的艏楼头部或甲板。船身的中部相对较低，后楼或艉楼有两层以上的甲板。舵柄通过舱口延伸到船体中，主甲板的高度必须高于舱口的高度。有一个弯曲的突出物在舵的头部上方形成一个短的横梁，酷似最近刚销声匿迹的黑斯廷斯挂斜桁四角帆的渔船。后来，人们把横梁挪到水平面以下。但在这一时期，船尾还是类似于罗马式船只的圆形。横梁的上方至少建了两个瞭望台，以优美的形态超出船舵伸到船尾外面。我们看到的一切，都给人以“坚

587

1　一种15世纪晚期来源于葡萄牙人的船，即“多桅帆船”，有3根挂有三角帆的桅杆。

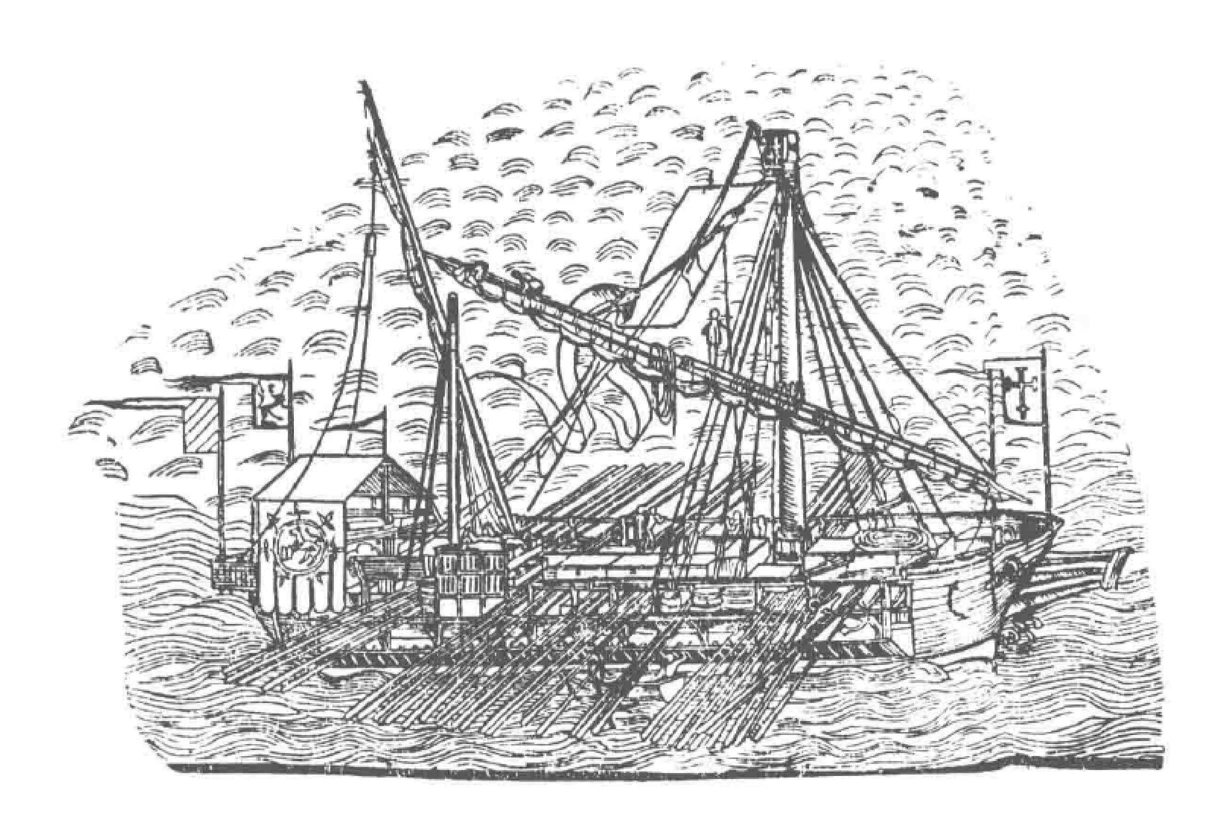


图 534　挂两面三角帆的战船。出自一块木刻，1486 年。



图 535　一只早期的“卡拉克船”，带有主桅和一根小的尾桅。出自国王亨利六世（Henry Ⅵ）的诗集，约 1430 年。清楚地显示了艉柱舵及其舵柄。

固”而非“快速”的印象。

有的船有 3 根桅杆，从近船中央竖起的主桅杆是一根巨大的圆材，在一些图画中看上去像是组合式的。巨大的横帆帆桁由两根圆材组成，一起嵌接在中间，就像今天阿拉伯三角帆船的三角帆帆桁。升降索和帆面升降装置的上方是一个圆形的顶部，一根较轻的顶桅装在其上，有时后者是一根轻型的交叉顶桅帆桁，桅杆被许多带有三眼滑轮和桅梯横绳的侧支索所固定。很明显，罗

马时期人们并不知道利用桅梯横绳可以很轻松地爬上侧支索。与主桅杆相比，前桅杆较短，属于老式的前帆桅（*artemon*），但不再向前斜置。有一根首斜杠——或者更准确地说是一根短桁条（bumkin）——从艏楼伸出来，可能是用来在有风时将前帆的底部伸展开。第 3 根桅杆——现在我们应该称之为尾桅——装有三角帆。这样，船具有了纵帆和横帆的结合体，对于所有航行寿命即将结束的大型帆船来说，它将变得必不可少。

当研究这类船型时，我们很明显地处于一个时代的结束和另一个

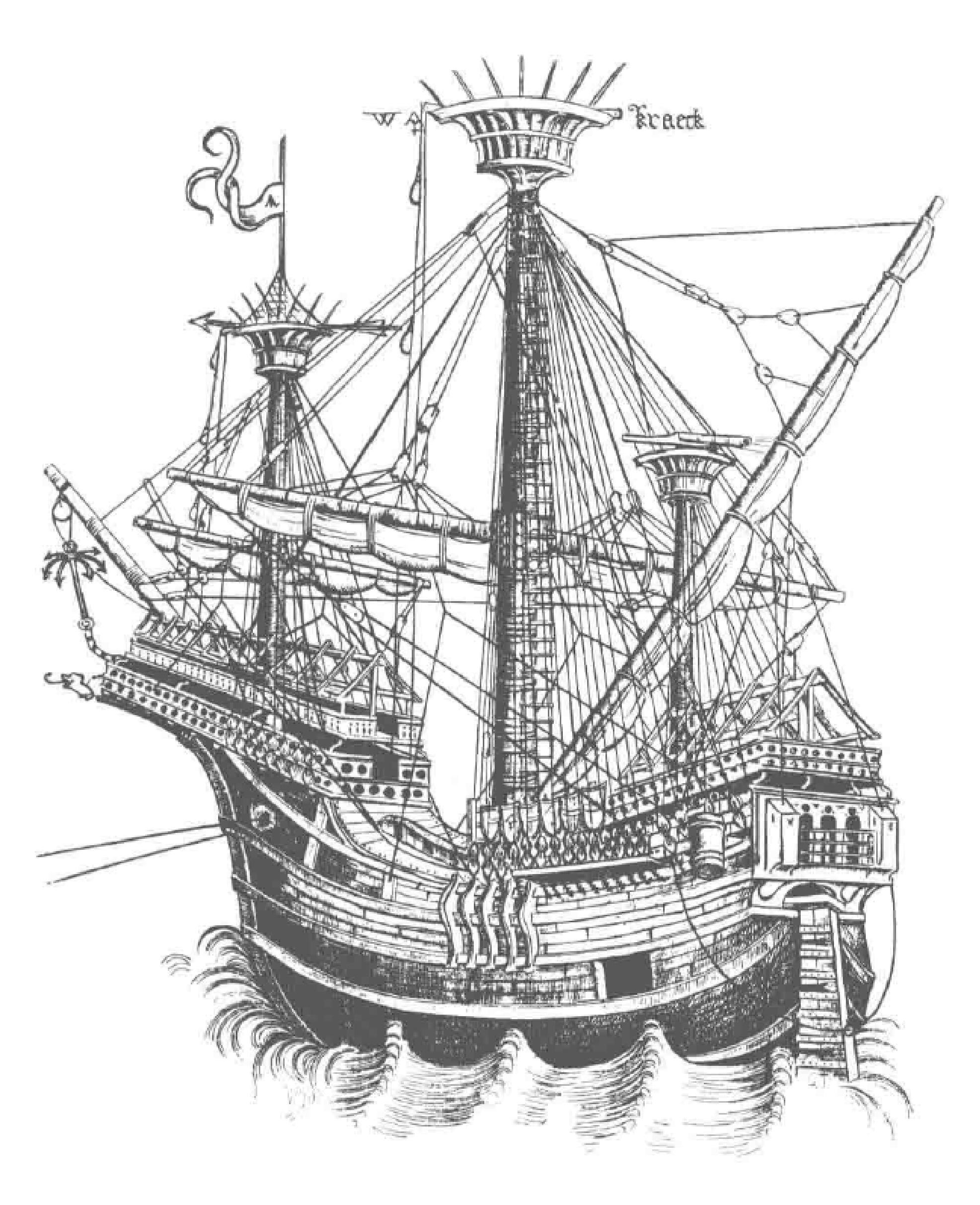


图 536　一只三桅商船（图上文字 kraeck=carrack），尾桅上挂有一个三角帆。出自一个 15 世纪晚期的佛兰芒铜雕刻（又见图版 9）。

时代的开始。它基本上属于现代船只，却又是最伟大的古代船只之一。它在很大程度上继承了希腊和罗马的风格，然而也兼具一些实效已相当明显的全新特征。与罗马式的船只必须等待有利风向才能航行不同，这类船已经能够利用任何方向的风进行航行。在罗马式的船只不得不在背风的海岸躲避时，就像圣保罗船舶失事的记载中所描述的那样，这类船至少可以尝试把船头转向上风而离岸。那可能是一个缓慢而痛苦的过程，但可以尝试。

588

西班牙摩尔王国的衰落再一次打开了通向地中海的大门。格拉那达的陷落（1492 年）与哥伦布首航西方同时发生并不令人感到意外，因为在没有直接、迫切的威胁下，西班牙人和葡萄牙人可以利用其他欧洲人的造船和航海技术。

在用搭接法建造的船只中，最大的已确证是汉布尔河博斯尔登桥上的船只残骸，人们认定它是 1418 年在南安普敦为亨利五世建造的"天佑号"，1439 年被焚毁。它用 3 层橡木铺板建成，内层比外面两层窄 4 英寸，宽度为 12 英寸（图 537）。这样，在每个缝口处都有 5 层板的厚度。在肋板被插入到外壳内并揳入到固定的位置之前，整个外壳是钉牢在一起的，铺板用木钉固定在这些肋板上。残骸长 135 英尺，宽 37.5 英尺。人们确信它的原始长度为 200 英尺，宽度为 50 英尺，因此吨位应大约为 1400 吨。这一数字对当时来说是难以置信的，而且在 17 世纪中期之前再也没有过。

这样，北欧的造船者们就把用搭接法建造的船只的尺寸做到最大，此后转而让位于用平接法建造的船只。后者开启了一个新时代，并且又在南欧使用了几个世纪。

参考书目

Abell, Sir Westcott (Stile). 'The Shipwright' s Trade.' University Press, Cambridge. 1948.

Anderson, Romola and Anderson, R. C. 'The Sailing-Ship. Six Thousand Years of History.' Harrap, London. 1947.

Bowen, F. C. 'The Sea. Its History and Romance' , Vol. 1. Halton and Truscott Smith, London. 1924.

Brøgger, A. W. and Shetelig, H. 'The Viking Ships, their Ancestry and Evolution' (trans., rev., and abridged by Katherine John). Dreyers Forlag, Oslo. 1953.

Casson, L. "For." and-aft Sails in the Ancient World." *The Mariner's Mirror*, 42, 3–5, 1956.

Chatterton, E. K. 'Sailing Ships and their Story' (new ed.). Sidgwick and Jackson, London. 1923.

Holmes, Sir George (Charles Vincent). 'Ancient and Modern Ships.' Part I: 'Wooden Sailing-Ships.' Chapman and Hall, London. 1900.

Hornell, J. 'Water Transport.' University Press, Cambridge. 1946.

La Roerie, G. and Vivielle, L. 'Navires et marins de la rame à l' hélice' , Vol. 1. Duchartre and van Buggenhoudt, Paris. 1930.

Moll, F. 'Das Schiff in der bildenden Kunst' (2 pts). Schroeder, Bonn. 1929.

Smyth, H. W. 'Mast and Sail in Europe and Asia' (new ed.). Blackwood, Edinburgh. 1929.

The Mariner's Mirror (Quart. J. Soc. Naut. Res., London), 4, 1914. (For further references).

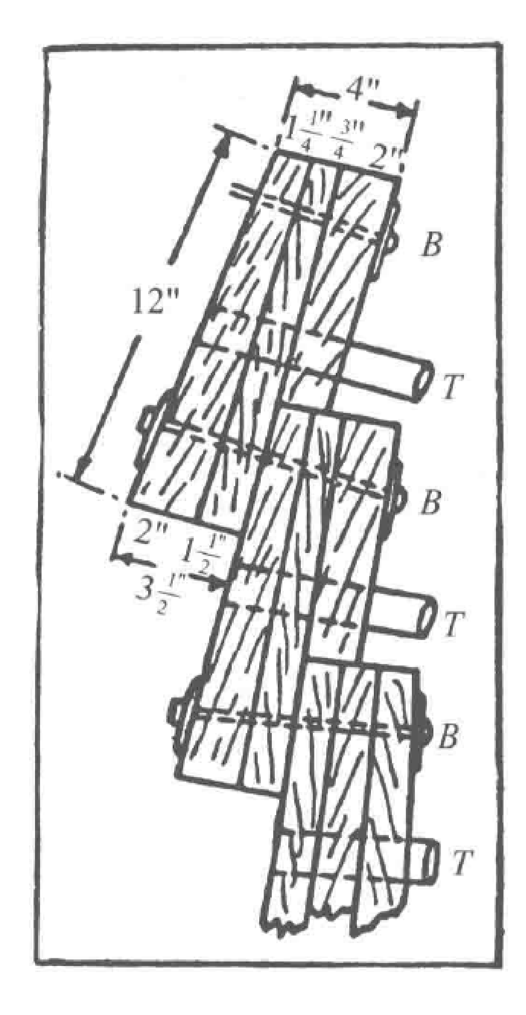


图 537 "天佑号"铺板的局部。1418 年。显示出了搭接式外壳，用木钉(T)穿过 3 层厚的板钉在肋板上，铁栓(B)把搭接处的 5 层板固紧在一起。

第 5 编

实用技术和应用化学



第17章　动　力

R. J. 福布斯（R. J. FORBES）

17.1　5种原动机

历史上的每一个时期，技术的本质（nature of technology）都是由很多因素相互影响而决定，诸如可用的材料、工匠积累的技巧和经验、经济社会条件、宗教和伦理道德，甚至包括哲学学说。每个阶段的工匠都掌握了某些工具和机器，以完成将原材料变成产品所需的各种操作。有些时候，我们把铁锤、凿子或转动手推磨之类的东西称为“直接工具”，目的是把它们与为其他工具或机器提供动力的原动机区分开。原动机把动物肌肉、流水、风或热的能量转变为一种适当形式的机械能，它们衡量着人类驾驭自然动力的能力。

因此，在某个文明阶段到来之后，可获得的原动机成为技术中的重要因素。它们决定了金属、木头和工匠所使用的其他材料单元的大小，以及那些最终可由这样成形的单元制成的机械、工具和其他产品的特性和尺度[1]。新原动机的引入通常可以使能量以一种更集中的形式获得，并使生产达到更高的水平。根据这种观点，技术史可分为五个阶段。在第一阶段，人类仅使用体力。在新石器时代，动物的饲养提高了可获得的牵引能力的总量，但没有提高能源生产的水平（第Ⅰ卷，第13章）。甚至在公元前第二个千年里，马和骆驼的使用也没有改变这种状态。因此，第二阶段最重要的是在整体上提高了人力和

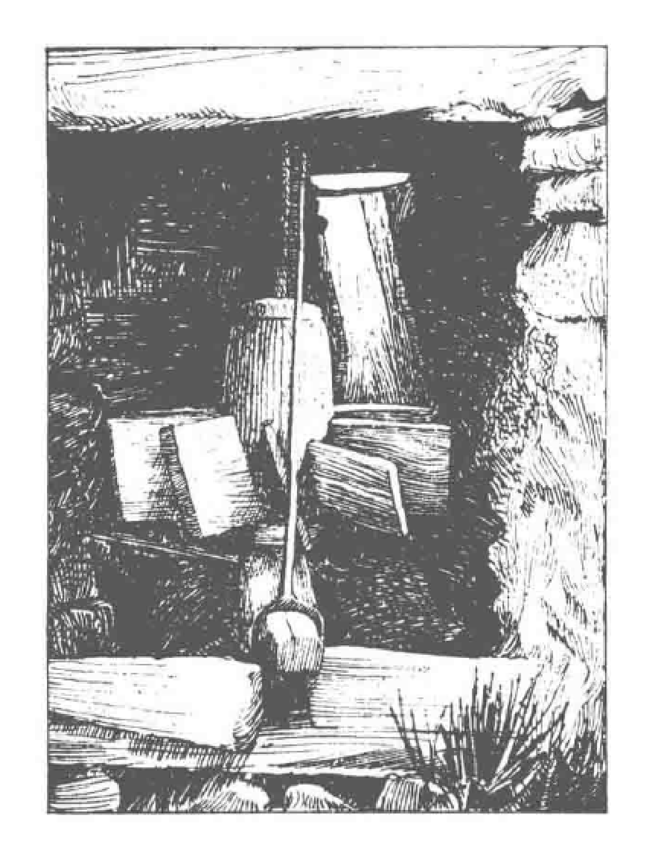


图 538　直到最近，设得兰群岛仍在使用的一种挪威水磨。用绳索把叶片吊起，这样水流就可以流过。

畜力，而不是更高、更集中的能源生产水平。不过，自古代帝国以来，生产工具在种类和数量方面的变化都显示了这种结果。

590

第三个阶段始于罗马帝国的后期，标志是水磨的使用。挪威水磨（图 538）是它的最初形式，这还是仅仅意味着动力的转变，即从动物的肌肉转变为由流水带动的机器，而不是一种新的能源生产水平。以前两个奴隶拉动的手推磨和 0.4—0.5 马力的驴磨（图 76—78），现在有时候用原始的水磨来代替，它输出的能量几乎是等量的。这种机器增加了人类可获得的总能量，但不能提供更大的单机能量。

然而，当罗马工程师把原始的水磨转变成维特鲁威（vitruvius）式水磨（边码 595，图 540）时，他们创造了一种原动机，甚至在原始的形式下，它也可以产生差不多 3 马力的动力。因为各种原因（边码 601 起），这种水磨在地中海地区没有普遍使用。西欧在中世纪早期意识到了它的重要性，技术发展和普及都很快（边码 608 起），并使人类得到了能够产生 40—60 马力的原动机。风车在同一时期出现，提供了另一种几乎等量的能源（边码 617—620，边码 623 起）。直到 18 世纪末，水车和风车一直在技术上占统治地位，它们的能力决定着那一时期所使用机械的范围、工艺以及产品。

第四个阶段源于蒸汽机的发明，它在 1850 年已经成为一种原动机，产生的能量超过水磨和风车。目前，我们处在不可预期的第五阶

段边缘，也就是原子能阶段。这里着重讨论第三阶段，水磨被引入古典世界以及它给古典技术(classical technology)带来的变化。

17.2 奴隶和家畜

几乎在整个古代，仅有的原动机就是人和动物。虽然大约在公元肇始时已经发明了更为经济的水磨，但是它的普及非常慢，以至于原来的状况又持续了400年，并且没有什么实际变化。

罗马帝国后期最早出现了劳力的严重短缺，它无意中促进了水车和其他机械的广泛使用。一般来说，古代国家可以用公役服务或奴隶的形式把人力集中起来，去建造大型的公共工程或树立纪念碑，大量的人群可获得集中的能量。粗重的机器——例如在建筑中使用的升降机(图603)，以及为矿井排水而使用的水轮，由人或牲畜来带动。踏车常常在机器中使用，以便把人力转变成旋转运动，士兵或划桨的奴隶为轮船或为建造路和沟渠提供了原动力。

591

在整个古代，奴隶制是一种被广泛接受的社会制度，但并没有根据可以断言这种制度阻碍了机械和工程学的应用和发展。从现在上溯3500年的时间里，奴隶制的习俗和影响是很多的，存在大量地方性、区域性的差异。与通常观点不同的是，希腊化时期以前，奴隶制在埃及经济中只扮演了微不足道的角色，当然也就谈不上阻碍技艺的发展[2]。在近东地区，奴隶制从一开始就是经济模式的一部分。但是，除了寺院奴隶和国家奴隶以外，在每个国家和每个时期被奴役的人口比例都不是很大，没有私有集团或产业使用大量奴隶，大地主们更喜欢雇用自由的佃户。对于近东地区的经济基础而言，在农业方面主要是佃农和佃户，在工业方面主要是手工匠和白天工作的工人。奴隶一般住在主人家中，但总是处于半自由半奴役的状态。在近东还有农奴，这在《圣经》中经常提到。农奴是一种合同苦力，用劳作来还债或挣钱。他们实际上是有报酬的仆人，而不是真正的奴隶[3]。

在自由希腊城市中，工匠与家庭手工业者相互竞争。自由民与奴隶在工艺作坊中并肩工作，就我们目前掌握的资料而言，他们的报酬是相同的。在公元前350年以前的意大利，希腊雇用奴隶和自由工匠的制度是不常见的，此后随着罗马人征服世界，它才缓慢地向外扩展。公元前3世纪下半叶，工场里雇用奴隶的数量有所增加[4]。从那时起，奴隶作为一个可靠且持久的群体，在大庄园或大宅子中从事程序化的精耕细作。然而，小麦和大麦的种植仍然主要由自由农民承担，在公共工作和国有矿产之外，手工业、商业、家庭服务等吸收了绝大部分奴隶。在意大利大量使用熟练奴隶工人和自由手艺人的高峰时期（约公元前200—约100），熟练奴隶被不断解放，在商业和政治中的影响不断增大。在公元元年前后，斯多葛派哲学家的人文主义教义被广泛吸收，因为它们变得更基本和更坦率。

592

但是，在古代为什么不是更广泛地用家畜来代替人力呢？答案看起来是因为忽视了不同家畜身体结构的差异而引起的灾难性后果。例如，牛具被滥用于驴、骡和马身上（边码538、边码544）。

多个世纪以来，牛一直被用来耕地，在郊区还被用来拉重物和大车。在农场范围以外的路上，用牛运输显得非常慢，所以不能在城市的工场和磨坊中使用。把牛具套在驴和马的身上，那就剥夺了这些动物的大部分自然拉力（边码522）[5]。马被用作驮畜时，它的担负能力相当于人的4倍，用它拖拉东西时，马具会阻碍它，消耗它的部分能量。挽具不适合时，动物用力拖拉时就会被卡住。因此，马的拉力虽然相当于人力的15倍，但是仅能发挥出4倍于人的拉力。如果1匹马相当于4个奴隶，精明的罗马农户就会比较马和奴隶的食物消耗量，恰巧也是4比1。于是，我们就能认识到，在农场中使用奴隶和使用适应性较差的马究竟哪个更为经济，完全取决于人力是否充裕。

不加区别地把挽具套在牲畜的喉部和腰部，阻碍了它们更加频繁

的使用。古罗马的面粉厂用两个人或者用一头驴来驱动磨盘，选择牲畜并不是出于经济目的。在中世纪早期，四足兽或邮车用马的挽具来源于入侵欧洲的西伯利亚大草原部落。他们在 7 世纪就知道使用马轭，到 12 世纪时已广泛地使用马拉货物（图 508）[6]。10—12 世纪间，马轭在西欧广泛使用，虽然马要消耗更昂贵的粮食，但它仍在耕种和农业方面代替了牛（图 57）。

我们从多个方面知道，用古代的挽具把马套在马车上，它不能拉超过 62 千克的东西。这使陆地运输非常昂贵，运送大宗货物几乎不可能。除了知道增加马的数量可以提高拉力之外，古代人不再知道其他更有效的办法。到了中世纪早期，人们才知道如果马前后排列的话，可得到更大的拉力（图 486、图 499）。

593

最后，古代也没有适合的马掌。当地面很难走或很滑的时候，人们会把金属、皮革或草编的“马掌”临时钉在马、骡或骆驼的蹄上。不过，真正的那种永久地钉在马蹄上的铁马掌，直到大约公元前 2 世纪，日耳曼部落才从西伯利亚大草原的游牧部落那里学到并开始采用（图 469）。然而，在帝国的北部诸省中，马掌普及得非常慢，直到 8 世纪才得到普及，那时已经出现一种能更好地卡住马蹄的新型马掌，它是我们所知道的马掌的祖先[7]。

17.3 希腊或挪威水磨和水轮机

由于缺少合适的挽具和适当的保护牲畜脚蹄的方法，古代一直把人作为仅有的原动力，直到水磨出现。这种水磨首先在塞萨洛尼基的安提帕特（Antipater of Thessalonica，约公元前 1 世纪）的诗中被提到，如下所述：

停止碾磨吧，在磨房辛苦工作的女人；多睡一会儿吧，即使公鸡宣告黎明来临。得墨忒耳命令仙女开始做你手头的工作，她轻轻

落在车轮的顶上，转动车轴和轮辐，从而转动沉重的凹形尼西里安(Nisyrian)磨石[8]。



图539　一张晚期横式水磨的图片，被认为是古希腊或挪威水磨，这张图片展示了两种形状的轮子。这种水磨需要平稳的水流，通常还需要连有引水渠。1617年。

很显然，这几行诗并没有具体提到具有某些技术要求的上射式水磨，但提到了一般的水磨。

斯特拉博(卒于约21年)谈到了水磨，那是在公元前65年，由米特拉达梯(Mithridates)在他位于本都王国坎贝雷的新宫殿附近建造的[9]。这是我们所知道的最古老的水磨之一，主要用来碾磨玉米——那是在古代每户人家中一种长年不断的负担，强烈地刺激人们要使玉米碾磨机械化。

最原始的水磨是希腊式的，通常也被称为挪威水磨。它有一根垂直轴，在其末端连接了一个水平的由许多铲子组成的勺斗(图538、图540A)。轴向上穿过较低的磨石，通过十字棒固定在上面的石头的孔隙或石“眼”上。这种装置也被称为水平水磨[10]。它需要流水才能令人满意地工作，但不需要专门的水池和其他形式的各种蓄水装置，后来的水磨则大多需要这些。

594

我们不知道这种简单水磨的起源，实际上它是农业文明的一种特征。它总是局限于山地使用，更适合于有急流、瀑布的地方。低下的效率表明它不适合面粉的商业生产，每个磨坊只能满足单个农民的有

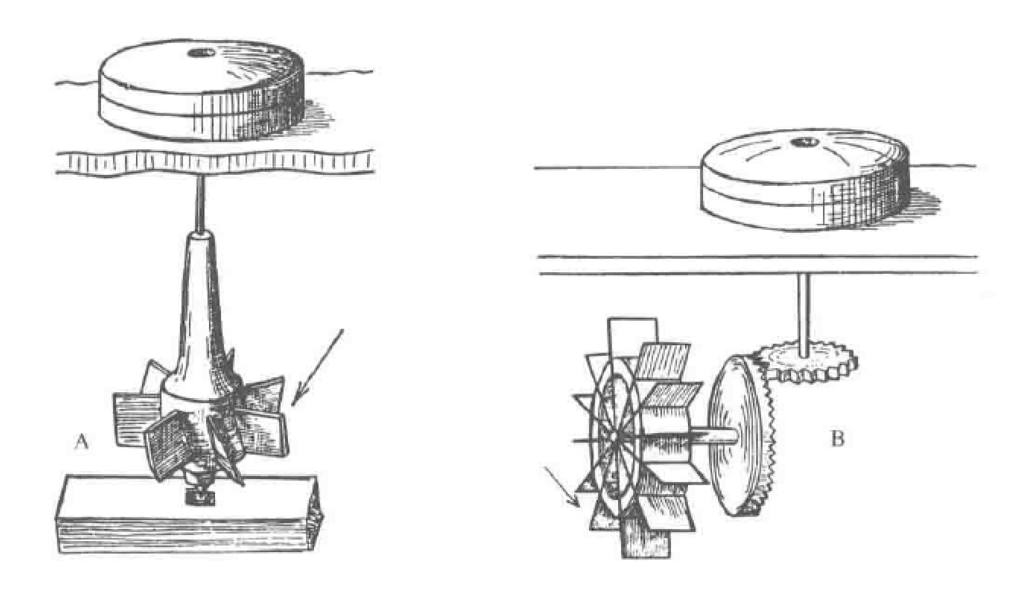


图 540 (A) 一种横式水磨，轮子是水平的。轴的上部固定在上面的磨石上。少量急速的水流流经斜槽直接冲击轮子。
(B) 一种纵式水磨，轮子是垂直的。它可以是下射式、上射式或中射式水轮(图 541)，转动轮子，通过齿轮连接到磨石。

限需要。磨石很小，旋转也很慢，尽管水轮进行了多次革新，每次碾磨依然通常不超过一袋谷物。挪威水磨可能起源于近东的多山地区然后向西、向东流传[11]。可能是因为大河水位变化太大的原因，在埃及和美索不达米亚从来没有发现过它。只有在水少流急的多山地区或水大流缓的河谷，这种水磨才能被人们利用。

普林尼相当了解挪威水磨，描述说“意大利的大部分地区使用碾槌(来碾磨玉米)，还有轮子，当水流经轮子和磨石时，带动轮子转动”[12]。他指的可能是意大利北部地区。

挪威水磨逐渐流传开来，3—4 世纪时传到爱尔兰和中国。近来的出土文物显示，它们在耶稣诞生时期由丹麦人掌握和建造，数量在随后几个世纪内迅速增加[13]。它们一直流行到中世纪后期，1588 年还在加伦河(法国)使用(图 539)。直到近代，挪威水磨在一些地区还能看见，例如奥克尼郡、设得兰群岛(图 538、图 540A)、法罗群岛、挪威、罗马尼亚、黎巴嫩以及中亚的很多地区[14]。

虽然挪威水磨只能提供少量动力，磨石旋转很慢，仅能为满足

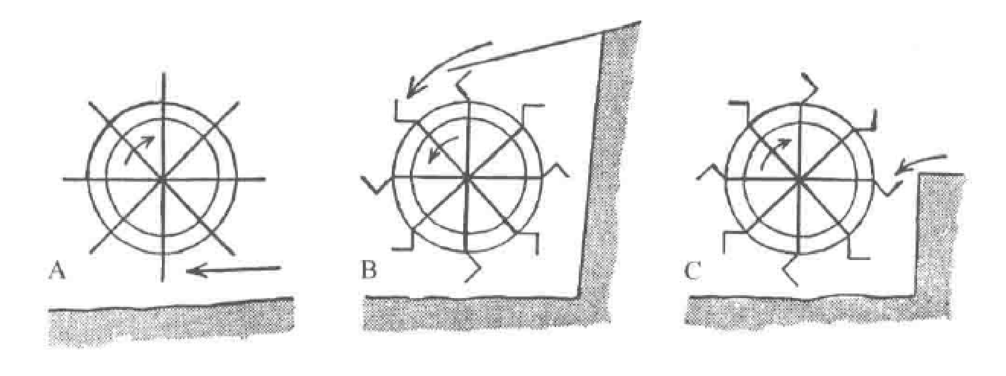


图 541 示意图：(A) 下射式水轮；(B) 上射式水轮；(C) 中射式水轮。

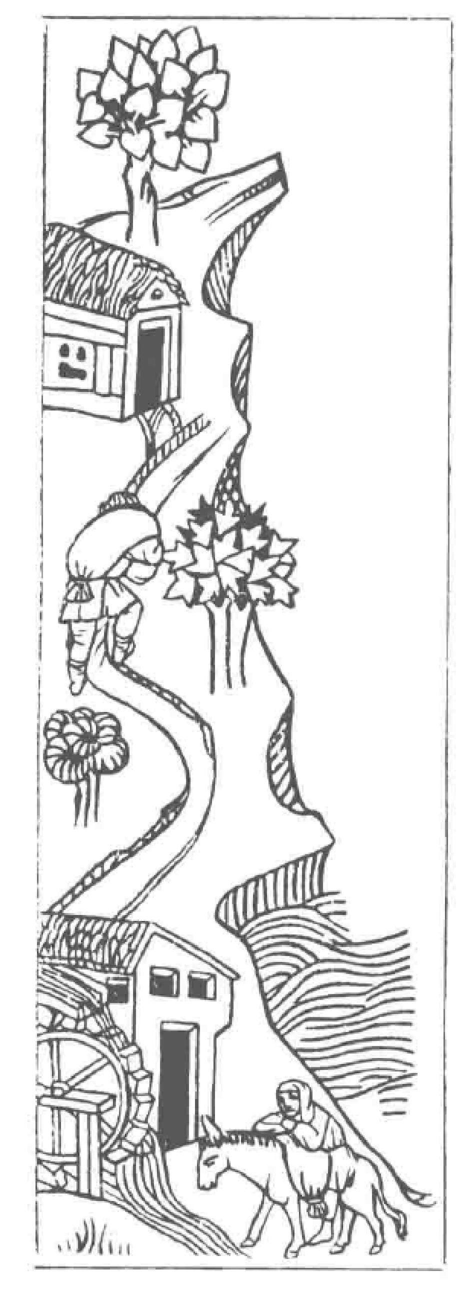


图 542 装有下射式水轮的磨坊用斜槽供水。出自一幅木刻画，1423 年。

家庭消费碾磨少量的面粉，但它是水轮机的先驱。这些水轮机的更早形式似乎可追溯到中世纪，大约画于 1430 年的一种佩尔顿轮据说是由罗马教皇发明的，并建在圣乔治贝尔（因河流域）修道院附近[15]。在普罗旺斯、多菲内、安布利亚和意大利的其他地区，这种水磨一直使用到 18 世纪。

17.4 维特鲁威水磨

希腊水磨虽然使家用谷物碾磨机械化，但是如果它没能激发公元前 1 世纪的罗马机械师去建造更高效的竖直式水磨或维特鲁威水磨的话，也不会有太大的影响。利用有关齿轮的基本知识和用希腊的机械技能制造出的其他产品，发明者把古老的希腊水磨改造成更为实用的机械（图 540B）。现在，人们把水轮置于垂直的位置。为了使磨石转动，它的水平轴与垂直轴相咬合，从而带动垂

直轴上边的石头转动。在罗马式水磨中，磨石和轮子的转速比通常为1:5。更大的输出功率需要更加复杂的结构。还有三种次要形式的立式水磨，每一种都有自己的长处和不足(图541)。

596

维特鲁威说过，卢克莱修曾经谈到的效率并不高的下射式水轮[16]，很多世纪以来一直被普遍使用。它可能也是第一台人们设计并建造的水磨，仅仅在流量稳定的急速河流中才能有效地工作，因为那时没有坝、贮水池和水磨引水渠。实际上，只有到了13世纪，堰与磨坊连在一起后，这种水磨才被比较普遍地使用。在此之前，磨坊是通过引水渠供水的。人们后来发现，实际上可以使水冲击轮子的顶部，通过其下行的重力带动水磨转动，这样可以得到更高的效率(图541B、图542)。这是上射式水磨的工作原理，它要求有方向性的、规则的供水，通常把溪流和山泉的水收集到磨坊的水池中，水对轮子施加适当压力后，再从排水道流入急流和瀑布。人们用堰或水坝使水平面升高而迫使流量增大，或者使部分水流入磨房的水池(图543)。因此，流速慢、流量不稳定的河上也能使用这种水磨，引水渠同样适合供水(图544)。

在古典时期，这种效率最高的水磨并不普遍。最早出现在雅典市场上的水磨，大约建于470年[17]。甚至在阿拉伯国家，这种水磨也并不占主流地位，阿尔皮尼(Al-Qazwīnī)认为，值得提及的是阿德里(Al-Adri)在马略卡岛附近发现的一种直径80厘米、长350米的由瀑

597

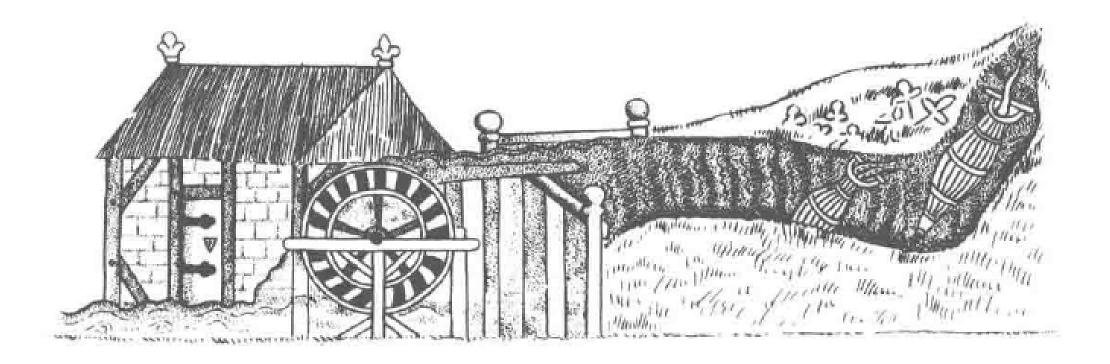


图543　在有鱼尾井的水流上筑坝拦水，建成磨坊贮水池，通过斜槽引水冲击上射式轮子。《勒特雷尔圣诗集》，约1338年。

布提供动力的上射式水轮，建造它是因为“一般水磨在水位下降时会停止转动”[18]。

大约在16世纪，福尔图纳塔(Venantius Fortunatus)称水磨为“莫拉”(mola)，一个用来称谓碾磨装置的古代术语。奥索尼厄斯(4世纪)用诗意的语言描述它为 *cerealia saxa*[19]，维特鲁威[16]和斯特拉博[9]则称它为 *hydraleta hydraletēs*，后面的那个词通常特指晚一些出现的立式水磨。我们知道，这三种早期水磨中的其他两种都建于罗马帝国时期。

在图利维罗的韦纳夫罗，人们在靠近那不勒斯的地方发现了水车进水槽和引水渠的遗迹，同时在石灰质沉积层中发现了水磨的印记(图545)[20]。沉重的轮毂(直径74厘米)外面套有18个外形像铁铲的短桨，通过两个平行的轮缘连接形成直径为1.85米的轮子。人们靠引水渠注入水流，据估计下射的水轮有3马力的输出功率，石磨以每

598



图544 一种用上射式水轮带动的压矿机。
水流经斜槽冲击轮子带动它转动。阿格里科拉，1556年。

分钟46转的速度旋转，每小时可磨150千克的谷物。奴隶用手推磨每小时只能碾磨7千克谷物，驴磨的碾磨量也大不了多少。维特鲁威水磨的碾磨量与它们相比，可看作是谷物碾磨史上的一次革命。它的输出功率比用人或用牲畜带动的机械要高出很多，不比古代的任何其他动力资源差。一旦人们认识到水磨不但能碾磨谷物，还可以为其他机器提供能量时，技术操作就有可能提升到一个新的水平。

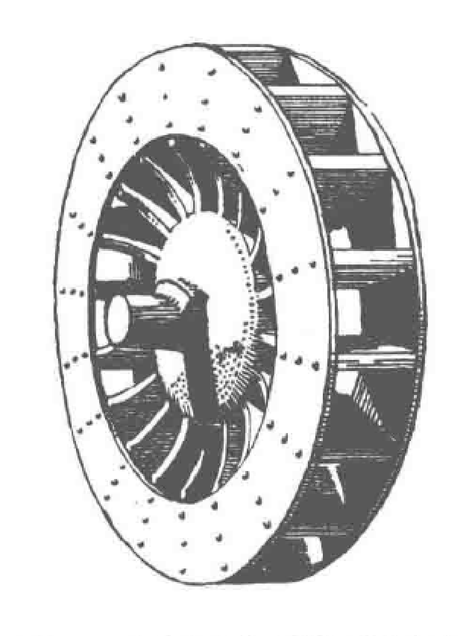


图545　在意大利卡希诺附近的韦纳夫罗，一个下射式罗马水磨的模型。从熔岩流经磨坊留下的痕迹可以看出它重修过。

在罗马，距离阿尔勒大约6英里的巴尔贝格尔的面粉厂里，工业生产早已依赖于水力（图546、图547）。建于阿格里帕时代（time of Agrippa，公元前63—前12）沿着圣雷米河的引水渠将水导入阿尔勒，在引水渠旁边有另外一种收集阿尔科尔、莱博山谷和曼维尔井中水的方法。莱博山谷的引水渠是一个用砖

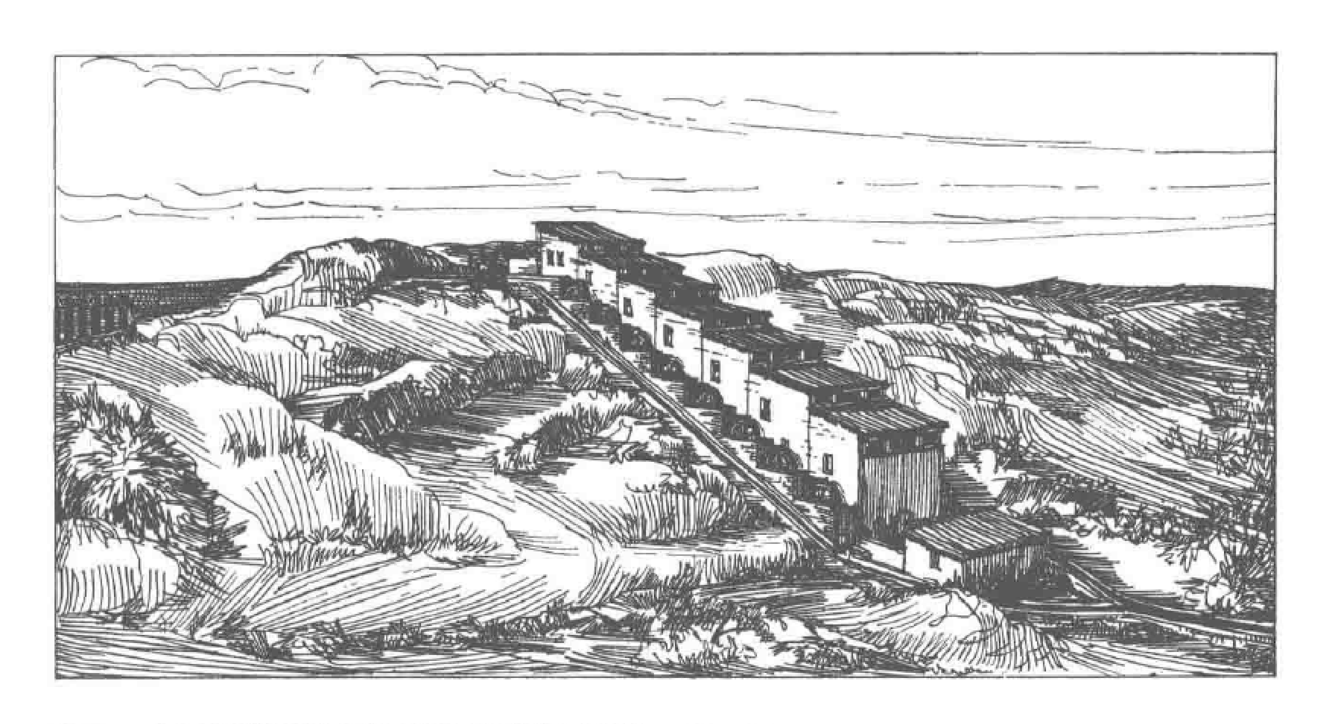


图546　阿尔勒附近巴尔贝格尔磨坊的假想复原图。308—316。

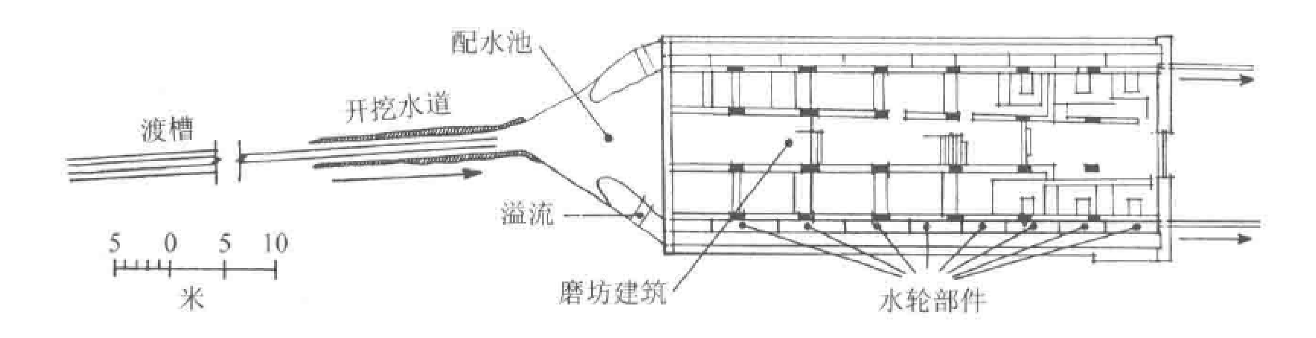


图 547 巴尔贝格尔磨坊的（底层）平面图。

和混凝土建造的宽 2 米、深 5.6 米的水渠，可以追溯到哈德良统治时期。巴尔贝格尔的水渠是双层的，有 30° 倾角和 18.6 米的落差。在倾斜的引水渠上装有两套各有 8 个上射式水轮的装置，每一个轮子直径 220 厘米，厚 70 厘米。木制大齿轮被用铅固定在铁轮轴上，然后把齿轮装置隐藏在磨石下面的隔室里，每一个轮子才有一副磨石，而不是像雅典那样每两个轮子才有一副磨石。这样磨石可以更重，效率也更高。下面的磨石厚 45 厘米，直径 90 厘米。上面的磨石有一个漏斗，以便使玉米流到下磨石的表面[21]。

与老式的谷物磨不同，这样的磨石每小时可碾磨谷物 15—20 千克，也就是说每小时可磨出面粉 240—320 千克。如果以每天 10 小时的工作量计算，每天的产量约是 28 吨，完全能满足 8 万人的口粮供应，阿尔勒在 3 世纪还不足 1 万人。

阿尔勒是一个向罗马输出谷物的重要海港，那里工场的起源可以追溯到 2 世纪，当时那里驻扎着纳博讷省的粮食控制官员。据推测。巴尔贝格尔的面粉磨坊由当地著名的工程师贝尼格纳斯（Q.Candidius Benignus）建成。根据一段铭文的记载，“他娴熟的技巧胜过任何人，在建造机械、建造水渠方面没有人能超过他”。

以现在的状况看，君士坦丁大帝时期就建有磨坊。308—316 年，君士坦丁一世一直居住在阿尔勒。那时的阿尔勒因谷物短缺建有重要的仓库，面粉磨坊可以满足当地和纳博讷省军队的需要。从考古证据

中可以明显地看出，在图尔尼附近的普雷蒂和勃艮第也有相似的面粉磨坊，碾磨索恩河流域产的谷物，供给高卢北部的军队[21]。

第三个例子是出现在雅典市场的早期立式水磨，它有一个直径324厘米的上射式水轮和两套磨石[17]。木制的轮轴由一根横梁制成，大约350厘米长，在木制的轴承内旋转。根据考古资料，磨坊是在利奥一世(Leo Ⅰ，457—474)相当长的统治时期内建成的，可能在强悍的斯拉夫人入侵时期(582年)因火灾而毁坏。磨坊和带有单个存水湾的进水槽说明，当时存在着丰富平稳的水流。由庇西特拉底特(Peisistratids)引进的伊米托斯和彭特利库斯的水供应系统，显然是相对稳定的。然而，阿戈拉的考古发掘已经显示了一系列最早使用的泉水，它们可能来源于阿雷奥帕格斯山的北坡。

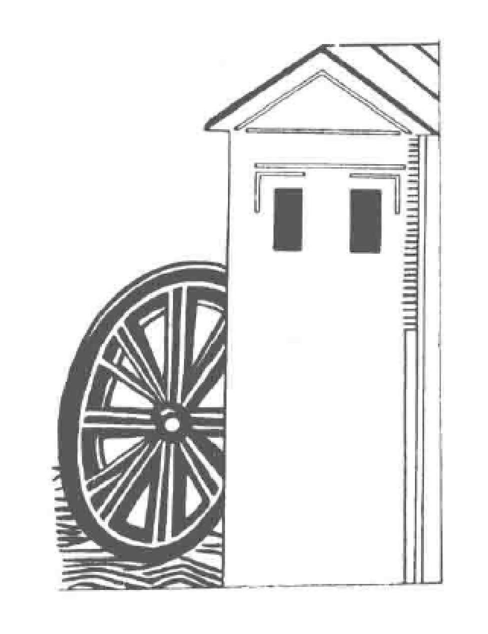


图548　宏伟的拜占庭宫殿中一幅马赛克画中显示的水磨。15世纪早期。

600

水磨的最早图片出现在15世纪拜占庭宏伟宫殿的镶嵌工艺中(图548)[22]。它展示了一个维特鲁威式的下射水轮，与在韦纳夫罗发现的那种十分相似。

17.5　谷物磨的采用

缺少考古资料的同时，又缺乏有关水车和面粉产量(在中世纪的圣经文句中通常使用这两个词)争论的记载，这种情况令人印象深刻。在4世纪，水磨数量有迅速增加的迹象。奥索尼厄斯证实[19]，那时水磨的使用范围仅仅局限于罗马帝国。他还提到，379年在鲁沃河(莫色耳河的支流)流域，人们还利用水磨来切割并磨光大理石。人们在萨迪斯[23]发现了一段碑文，上面提及了一个水磨工程师

(*manganareios hydraleta*)。按着传统的说法，在君士坦丁大帝统治时期（311—337），希腊化时期的波斯人梅特德鲁斯（Metrodorus）把水磨介绍到了印度。在水磨处于相对不重要地位的几个世纪之后，这种新能源突然被开发出来，原因值得深思。

从罗马城的面粉生产中，很容易理解水磨的情况。当时，谷物碾磨已经成为一门手艺，与更早时期就出现的面包烘烤一样被集中统一管理，此前这些都是罗马人家庭的日常工作。正是这样的统一管理，解放了专门从事面粉和面包生产的面包师。这些用马和驴做动力的面包房和谷物碾磨中心，位于距离台伯河沿岸很远的吉奈丘伦山区。卡利古拉统治时期（37—41 在位），官方没收了罗马面包房的马，随后导致了面包短缺。

有些磨坊还在用人力作为动力，因为奴隶和赤贫者足以提供足够的劳力。在帝国早期，失业是一个严重的问题。据说，韦斯巴芗（69—79 在位）拒绝建造由水力驱动的磨坊，“唯恐穷人失去工作”。不过，君士坦丁大帝为解决劳力短缺问题，曾不得不在面粉磨坊里雇用罪犯。当然，那一时期绝大部分磨坊仍由马或驴来充当劳力（图 78）。

601

4 世纪，由于劳力短缺问题相当严重，水磨逐渐被用于研磨谷物。帕拉第乌斯（4 世纪？）建议使用水磨以减轻人和动物的负担[24]，提出用公共浴室和引水渠的水带动制粉机。可以确认的是，图拉真时期引水渠的溢流被用于吉奈丘伦地区谷场磨坊的加工工作，216 年在卡拉卡拉浴池旁也建了水磨[25]。尽管遭到有投资利益和用马作动力的磨坊主的反对，水磨还是在吉奈丘伦地区推广使用了。以前，引水渠中的水常常被转作他用。395 年，洪诺留（Honorius）和阿卡迪乌斯（Arcadius）颁诏禁止滥用水[26]。根据普罗科匹厄斯（6 世纪）所述，所有的水磨都是在古老的吉奈丘伦斜坡上发现的，因为大量的水通过引水渠被运送到山顶，然后带着巨大的威力沿下倾的斜面冲下[27]。

大量内容相同的诏书禁止磨坊主用引水渠把水引入他们的磨坊，这表明它们的数量在6世纪已经达到相当的程度[28]。后来，处理磨坊和排水道破坏事故的维斯哥特人作出法律声明："任何人用暴力损坏磨坊，须在30天内将其修理好；破坏磨坊贮水池和连接到磨坊的引水渠作相同处理。"[29]

制粉机的发展产生了工匠这个新阶层（*molitores* 或 *molendarii*)。磨坊主一般拥有磨坊，他们碾磨谷物，有时甚至准备麦芽或烘烤面包。然而，后来的手工艺大部分掌握在面包师手中。大约在110年图拉真皇帝时期，工匠们的互助会形成了。

17.6 采用水磨的阻碍因素

从上面的事实可以明显看出，公元前1世纪罗马工程师已把原始的挪威水磨转变成一种原动机。那么，为什么它一直被耽搁到3世纪才开始使用，甚至被仅仅限制在很小的范围内使用呢?

几个因素综合在一起，导致这种延迟现象的出现，其中包括地中海盆地的地理条件。罗马帝国中部地区的大部分河流的水流量，随着不同季节变化很大，这在很大程度上阻碍了基于石头建造的下射式水磨的采用，因为一年中大部分时间的供水量不能带动水轮转动。这样，水磨被限制建在很少的地方，需要有大量充足的来自河流或沟渠的可用水，同时也对廉价劳动力和面粉有很大的需求。值得注意的是，所有发掘出土的水磨（在韦纳夫罗、巴尔贝格尔、图尔尼、罗马和雅典）都依靠人工沟渠获得连续的水流。由于建造连接水磨的沟渠系统需要高昂的资金投入，因此它只能在罗马世界的中心使用，例如罗马、雅典、拜占庭。另外，在巴尔贝格尔或图尔尼这样的军事中心，城市规模也适合建立面粉工场。一直到3世纪末，劳动力还是廉价而充足的，确切地说，由驴或奴隶拉动的磨此后才逐渐被水磨所取代。西欧的地理条件不同，有连绵的山脉和溪流。中世纪时期，充足的水源是建成

602

磨坊的必要条件，“每个庄园里都有靠水流驱动的磨”。

然而，这并不能充分说明为什么罗马的工程师只用水磨来生产面粉，为什么直到很晚时才在一些场合用水磨来做原动机。的确，罗马工程师可能不够精明，技能只局限于如何应用希腊机械师的发明，但他们拥有的一整套经验，足以建成由水轮驱动的机器。他们对机械工程的基本原理相当熟悉，事实上，他们关于机械方面的实践知识直到18世纪才被人突破[30]。很多例子证明，这种技能可以转化为实际成果。在古代，当资金允许并且国家也努力推动的时候，那些古老机械会推广应用得很好，就像战争中发展起来的各种手段一样。希腊化时期之前，基于弓箭或投石器的机械化发射武器就得以大规模地发展和制造。对这些机械的检测证明了它们的效能，罗马军队中的石弩、弹弓和其他攻城武器的数量显示出了机械化程度，在现代以前没有任何军队能够超过(第20章)。

出于建筑目的，由踏车驱动的大型起重机被用来提起沉重的石板(图578、图603)。由水力驱动的升降机既不用于建筑，也不用于从矿井中抽水(矿山也同时使用踏车)，这显然是政府出于长远考虑希望让穷人提供有用劳动，因为穷人主要依赖出卖劳动力换取救济粮。仅在很少的情况下，公共事业或服务工作才会促进机械的推广普及。此外，艺术家和工匠们各自独立地工作，无法主宰自己的命运。大部分家喻户晓的手工工艺——例如纺纱和编织，几乎没有进步。传统的制陶工人制出精美的薄壁陶瓷，但那是艺术的成果，而不是技术上的成就，因为它没有实现机械上的批量生产(第8章第1篇)。罗马帝国时期，由于缺少工业化的刺激，技术进步在事实上停滞了。在少数几个领域(例如陶器、制鞋、珠宝加工)，专业化和批量化的发展需求[31]不是通过改变手工工艺得以满足，而是采用了加大人力投入的方法。因此，社会结构和廉价劳动力阻碍了工程师们的创造力，他们的努力往往过于浪费到那些在公众节日里给人展示的产品上了。

603

古代社会经济的标准完全不同于现代工业社会的标准，那时的科学和技术几乎不可能产生深刻的相互影响。古代的工程师有时也会意识到这种相互影响的必要性，帕普斯（Pappus，3—4 世纪）这样记载道：

希罗学院的机械师说，机械学可分为理论和操作两部分。理论部分由几何学、代数学、天文学、物理学组成；操作部分包括金属、建筑、木工和绘画，以及这些方面的实际操作。他们说，从事前面所提及的操作领域的人，需要从小接受训练，多才多艺，将成为最好的机械设备的建造者和发明者。对于同一个人来说，既在诸多学术研究中超过他人，同时又了解前面提到的各种工艺领域，那是不可能的。他们建议，那些希望承担“机械操作”的人用自己在工作中已拥有的技艺去完成每一个特殊的案例[32]。

直到中世纪后期，技术精湛的工匠们的思想才对机械学产生影响，古代的科学显然忽视了他们。

古代没有“科学家”一词，只是把他们称为“哲学家”。自然哲学家或*physiologoi*，“事物的自然生长”的研究者，他们观察自然，并且从希腊城镇的工艺中获得很多灵感。机械论的思维模式被用于几乎所有领域来解释特定的自然现象，但是在大多数情况下，观察仅仅是为了阐述哲学原理[33]。哲学家不认为手工操作、技术和机械工作有多么重要，甚至连物理学家也被认为是*technitai*或机械师。通过对自然的研究，他们寻求智慧和智力上的满足，这是每一个市民在闲暇时想努力得到的。使用机械的技艺干脆被认为是低级的，手工艺匠人在自己的行业中磨灭了活力。普鲁塔克认为阿基米德在罗马人围攻叙拉古时建造的机器（边码 632）是几何学的副产品，并称“工具制作和大体有实用价值的行业，都是低微的、卑贱的”[34]。

604

人文科学和机械技术（*artes mechanicae*）之间典型的希腊式差异，阻碍了科学和技术之间所有的有效合作。处于巅峰状态的古典科学家对科学方法有着清晰的理解，意识到演绎和实证的必要并从事实验。但是，他们往往过于天真地相信经验，对在观测中遇到的大量困难却不够重视。技艺知识对科学的影响看起来相当小且一直受到怀疑[35]，经典科学也没有得出对机械师和手工艺匠人有助益的结论，只剩下他们独自面对漫长而艰难的试验以及由此带来的错误。对试验的效果和进展进行归纳的思想没有得到重视，正如培根本人所说，"[伟大的技术发明]远比哲学和智慧意识更古老；所以，当思辨和教义产生时，有益的科研探索停止了"[36]。

在古时候，工业化缺乏推动力。工业化要求原动机有更集中的能量输出，并能实现专业化、机械化和标准化。当时，食品生产的规模相当大，不仅使用手工劳动，部分还使用先进的压碎和研磨机械。在工场（*ergastērion*）或工作坊（*officina*），大群手工艺匠人聚集在一起，但这并不能建立起现代意义的工厂。在雅典，工场有10—30个工匠，但这并不是为了购买机械而形成大量资本投资的结果。从事同种工艺的手工艺匠人聚集在一起，这与18世纪的工场和制造中心非常相似，它所产生的纯利润不会用于再投入以提高产量，而是用于手工艺匠人个人的消费[37]。没有大量的资金用于改进和再建代替人力或畜力的机械，因为人力和畜力都很廉价，足以为大众生产勉强足够维持生活的必需品，以及为少数人提供有限的奢侈品。在古代，产品的批量生产实际上意味着过量生产，这个社会的主要投资集中在奴隶和土地上。605 古罗马人认为应用科学已经完成了它的任务，就像东方的希腊化世界一样，这可能是罗马帝国衰落的原因之一[38]。

生产面粉的机械仅仅集中在较大的中心城市，到了4世纪，这种必需的资源变得很紧张。当时，罗马帝国的扩张已经持续了很长时间，劳动力变得越来越少，甚至奴隶也很少了。从那时起，罗马作家开始

抱怨忽略了应用科学，并且不无理由地认可了罗马帝国以外所谓“野蛮民族”的创造发明。大约在370年，一位不知名的作者在《论战争的物质要素》(*De rebus bellicis*)一书中写道，“我们认为这是一种对人不尊重的恶习；虽然那些所谓的野蛮人没有从雄辩中获得权利，也没有从官方获得显赫的职位，但这绝不意味着他们对机械发明毫无建树，在这一方面大自然给了他们帮助”。为在军队中节省人力，这位作者专门设计了几项发明[39]。一旦形成对廉价面包的普遍社会需求，在与使用了几个世纪的水力驱动磨粉机的对手的竞争中，使用奴隶或驴子驱动磨粉机的利益集团很容易败下阵来。

到水车作为原动机引进时，一场宗教上的革命已经将贬低手工劳动性质的传统观点扫除了。过去，奴隶制度总是压制自由工匠们的社会和经济地位，他们的工资很低，还要遭受文化阶层的蔑视。这些限制条件综合起来，足以阻碍机械发明和廉价货物生产的有效组合。到罗马帝国后期，情况发生了变化，奴隶制已经衰落，产生了一些对穷人的新态度。古代(主要在公元前200年到100年之间)对弱者的残酷镇压，表现出对奴隶最残酷的一面，这导致奴隶屡次发动恐怖暴动，这些暴动主要不是针对社会状况，而是出于对生存的基本渴求。在古代的近东，穷人被看作是神的牺牲品，宗教则认为他们应该获得更富有的兄弟们的同情。《旧约》中不仅提到人类与生俱来的兄弟关系的道德观念(《约伯记》第31章第15节)，也对一个人永远占有他人作为奴隶的权利予以否定。传统世界中的哲学学派以斯多葛派最为著名，宣扬人类之间兄弟般的关系，试图逐渐把慈善和人道主义观念灌输到同胞们的心中，认为不应该再把贫穷和羸弱的同胞看作奴隶，而是应把他们作为真正的人来对待。基督教的出现更是阐明了一个更基本的概念，为此还创造了一个新的术语——博爱，这远不只是友好和款待。

606

基督教改变了市民对穷人和奴隶的态度，强烈地抨击传统的观点，赞美手工艺劳动的价值。因此，从长远眼光来看，奴隶制度是注定

要消亡的，手工艺匠人将在社会中得到体面的地位。自然应为人类服务的观点得到公认，人类应该通过驾驭自然来改善自己的工作和生活[40]。

古代人一直相信存在一个生机勃勃的自然。对绝大部分人来说，它是美丽和谐的艺术杰作，其中，形式因不必总是完全服从于物质因。其他一些人——例如原子论者——认为，自然由于无止境的消耗而形成它的结构。他们都不会接受上帝创造的牛顿式世界机（Newtonian world-machine）任其自然运转的说法，后者却是18世纪的科学家一直珍视的概念。面对如此亵渎，即使是德谟克里特斯（Democritus）、伊壁鸠鲁（Epicurus）和卢克莱修，恐怕也要战栗了。事实上，古代人把科学建立在万物有灵论的基础上。米利都的泰勒斯（Thales of Miletus）说，神存在于万事万物中，“由于磁铁能使铁转动，所以说明它有灵魂”。作为古代最后的哲学，新柏拉图主义仍然把万物有灵论作为一个必要的基础。在它看来，诗人的诗句“水中仙女转动水轮的轴”是真实的，而不仅仅是一种幻想。直到基督教出现以后，借助于它反对万物有灵论、以理智使用自然力（forces of nature）等主张，古人才开始考虑控制这些超自然力（supernatural powers）。到4世纪，罗马帝国成为正式的基督教国家，引入原动机的最后障碍便消失了。

607

17.7 桨轮和浮动磨房

发明由桨轮（约370年）带动的船是受了水磨的启发，因为桨轮在原理上就是一个简单的、反向作用的水磨，给轮轴施加的是外力。它的发明者可能是《论战争的物质要素》一书的作者，一位不知名的古罗马人（边码605）[41]。在他的战船上，由3头公牛转动绞盘来带动船体外的3个桨轮转动（图549，图版37B）。这项发明先于由人驱动的桨轮几个世纪，中国人声称那种由人驱动的桨轮12世纪就已经

应用于海战。在150年内用水磨代替更早类型的碾磨，也明显得益于哥特人的尝试。537年，他们入侵罗马城，试图通过截断引水渠饿死城内居民，这促使军事指挥官贝利萨留斯（Belisarius）和他的机械师们加快了浮动磨房的发明。普罗科匹厄斯这样描述：

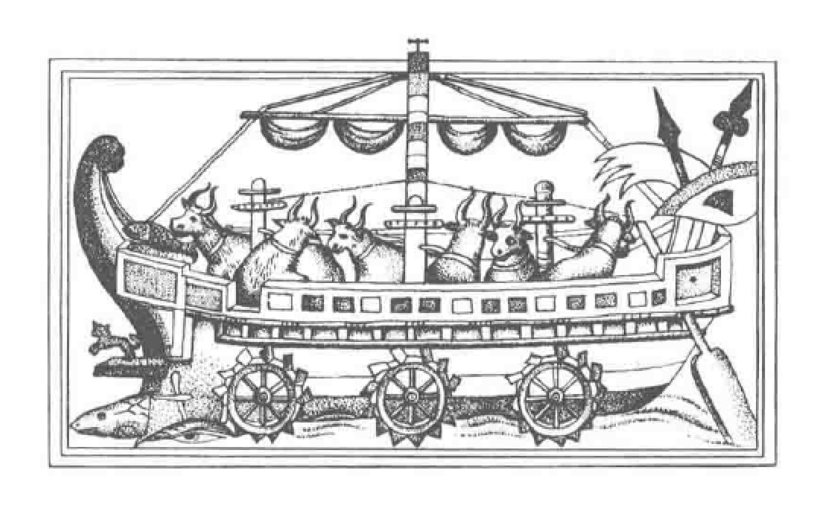


图549　由桨驱动的战舰，牛拉动绞盘转动。出自约1436年的一件手稿，可能是罗马时期晚期的图片。

贝利萨留斯偶然想到了下面的装置。就在与环形城墙相连的桥下面，他在河的两岸拴住绳子，尽可能地绷紧，然后将绳索两头分别拴住两条船，船相距2英尺（注：原文如此）并排放置，从桥拱流出的水具有最大的冲击力，在船的每一边各放置一台水磨。他在两船之间悬挂一套机械装置，这样水磨通常可以按要求转动。在这些装置的下游，他再拴住其他的船，按照顺序用同样的方法在更远处的两船之间放置水轮。于是，通过水的冲力，所有的轮子就一个接着一个地独立转动。这样，他们就能使与轮子连接的制粉机工作，为城市居民碾磨足够的面粉[42]。

608

接下来的几个世纪里，浮动磨房向东、西方向传播（图550、图551）。10世纪，在巴格达附近的底格里斯河发现了浮动桨轮，在威尼斯附近也听说过“船磨”。路易七世（Louis Ⅶ，1137—1180）统治时期，在巴黎的大吊桥下面建有浮动磨房，1296年它随桥一起毁坏了（图552）。它们曾经是加伦河（1290年）和奥尔良附近的卢瓦尔河（1306年）上的标志，试图在泰晤士河上建造这种浮动磨坊的两次尝试都

失败了（1525年和18世纪）。然而，在欧洲包括波河流域的很多地方，它们都被保留到近代。

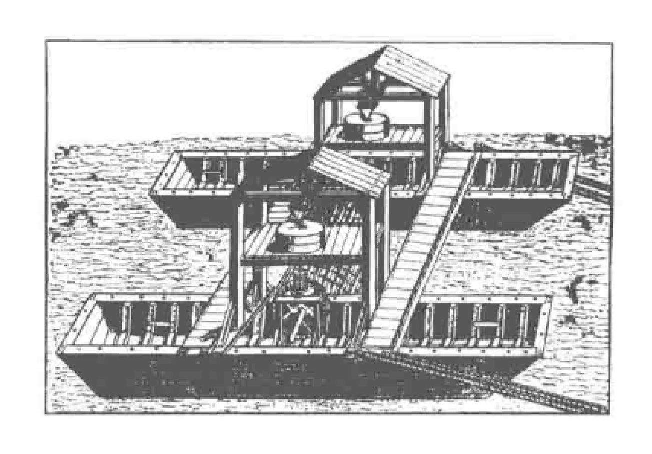


图550　浮动磨坊。
把两条船拴在河水最湍急的地方，每条船都配有磨轮，两磨轮之间固定一水轮，从而驱动水磨转动。1595年。



图551　科隆港口的一角有浮动磨坊和可能是用来运泥淤的小挖泥船。它的背景是未完工的大教堂，其中的一个塔上还有起重机。1499年的木刻画。

17.8　水磨的专门化

到4世纪，人们发现了水磨真正的重要性。就像多个世纪以后，蒸汽机开始时只是作为蒸汽抽水机在矿山使用，后来才发展成原动机。水磨也被逐渐地当作原动机或动力来源，而不仅仅是作为研磨谷物的机械装置。这可以从记载中大约400年摩泽尔河附近的“大理石作坊”[19]以及贝利多尔（Bélidor，1693—1761）曾提到的非常古老的法国“锯木作坊”[43]中得到证据。作者们开始很谨慎地推荐所有种类的水动力的应用。这种倾向显然受到逐渐成长起来的基督教社团的影响——如果自然力可以发挥作用，那就应避免人力和畜力的使用。

在欧洲罗马帝国瓦解后的那段动荡时期，虽然技术几乎没有多少进步，但仍有证据表明，水磨的数量在10世纪到12世纪平稳地增长[44]。在西欧，

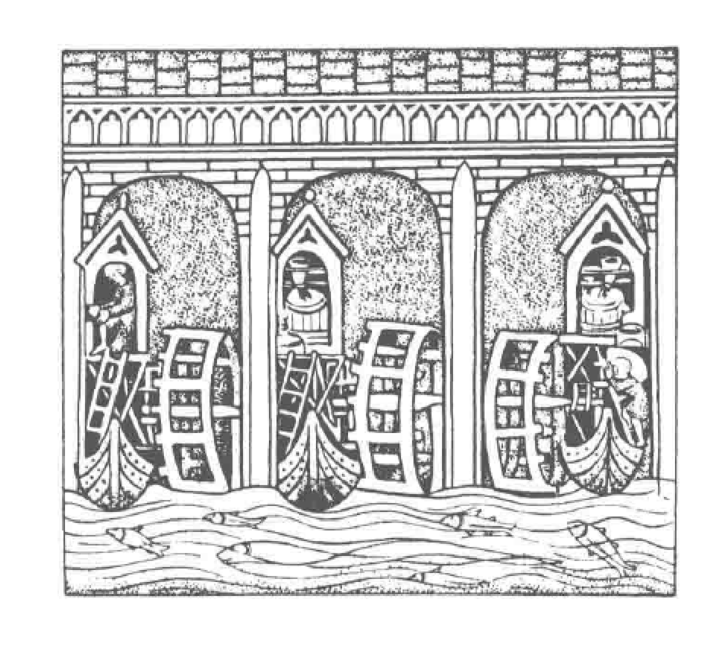


图 552 巴黎塞纳河上的桥拱下的浮动磨坊。出自 1317 年的法国手稿。

图尔的格列高利(Gregory of Tours，约 540 —594）报告说，第戎附近和安德尔河上有水磨[45]。在墨洛温王朝时期，水磨相当重要，在《萨利克法》中也有记载[46]。在查理大帝颁布的《庄园法典》(*Capitulare de villis*，约 800 年)[47] 中，水磨作为一种国家税收来源出现。11—12 世纪显示出中世纪产业革命的巨大成果，不同产业在机械方面的巨大进步在接下来的一段时期内一直稳定发展，直到 15 世纪。从当地的图片中，水车的迅速扩展也可以看出来。在鲁昂的塞纳河支流两岸，10 世纪时有 2 个磨坊，12 世纪时有 5 个，13 世纪时有 10 个，大约 1300 年时有 12 个。在福雷地区，12 世纪时仅有 1 个磨坊，13 世纪时则有接近 80 个。在奥布，11 世纪时有 14 个磨坊，到 12 世纪时发展到 60 个，13 世纪早期则接近 200 个。1157—1191 年期间，特鲁瓦市民在塞纳河和梅尔登森河上建造了第二代水磨。到 1493 年，这一地区有 20 个谷物磨坊，14 个造纸作坊，2 个制革作坊，4 个浆洗作坊(图 187、图 553)，1 个织布作坊，总共 41 个。

609

同一时期，水力有了进一步的应用，例如用于水力提升和灌溉水车(圣劳伦斯修道院，1095—1123)、油坊(11 世纪，格雷斯伏丹)、染料碾磨作坊(佩罗讷，1376 年)、麦芽作坊(贝蒂讷河，1138 年)、木材车削机(维济耶，1347 年) 以及刀剪磨削作坊(福雷平原地区，1257 年)。其他作坊只能利用各种凸轮和大齿轮去驱动机械，包括浆洗作坊(多菲内省，1050 年；福雷平原 ,1066 年；香槟地区，1101 年)、

610

制革作坊(格雷斯伏丹，11世纪；伊苏丹，1116年)、制麻作坊(格雷斯伏丹，1040年)、制铁作坊(1116年)、锯木作坊(大约1250年，在昂内孔的维拉德的草图中曾经说明，图584)和造纸作坊(13世纪)。在法国南部，运河灌溉和水磨建造联系密切。建成沃克吕兹运河(1101年)以后，为建造水磨、风车、制粉机、榨橄榄机和织布机提供了可能。大修道院对建造水磨产生了浓厚的兴趣。1020年，马塞附近的圣劳维克托修道院拥有了胡维恩附近贾勒特的一台水磨，夏朗德河的支流也带动着桑特修道院的水磨转动。西多会的修道士不知疲倦地开垦贫瘠和荒废的土地，同样也对水磨的传播作出了突出的贡献。13世纪，香槟南部的修道院出现了带有水轮的浆洗机、制纸机和磨锤机。

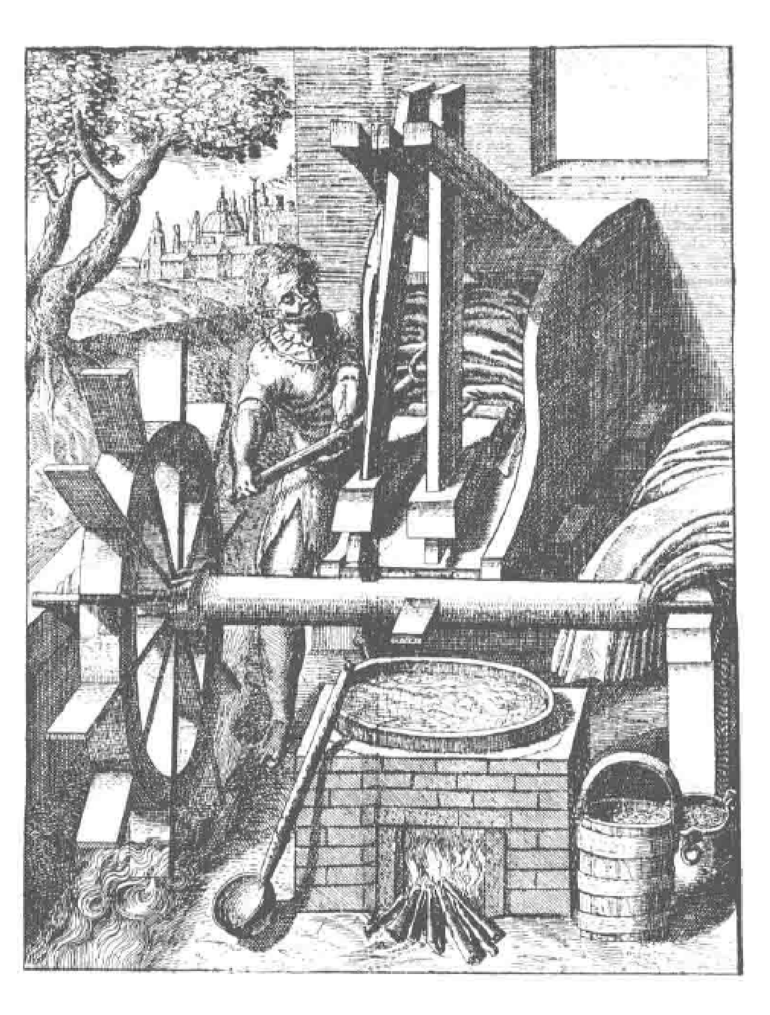


图553　带动浆洗机转动的下射式水轮。斯特拉达(Strada)，1617年。

特别要指出的是，这些修道院涉及水驱动铁锤锻造作坊的建造(图 554)，在法国、德国、丹麦、英格兰开拓了水磨在冶金方面的应用。在 12 世纪的 30 多份有关水磨在铁冶金方面应用的法文文献中，其中 25 份记载的水磨建造者为西多会修道士。一些修道院甚至拥有水力驱动的工场，修道士们在同一工场中从事不同的手工艺(边码 650)制作。

潮汐动力机械虽然很少，但早在 1125—1133 年间，它们就已在阿杜尔关口附近出现。一个世纪后，威尼斯附近的意大利海岸已经使用了潮汐动力机械，机械师马里亚诺(Jacopo Mariano)在 1438 年绘制的一张潮汐动力机草图，至今仍然保留着。在被征服之前，多佛尔海港就拥有一台早期的潮汐动力机械。然而，大多数潮汐动力机械的制造年代都在 18 世纪，它们在工业中从来没有扮演过重要角色。

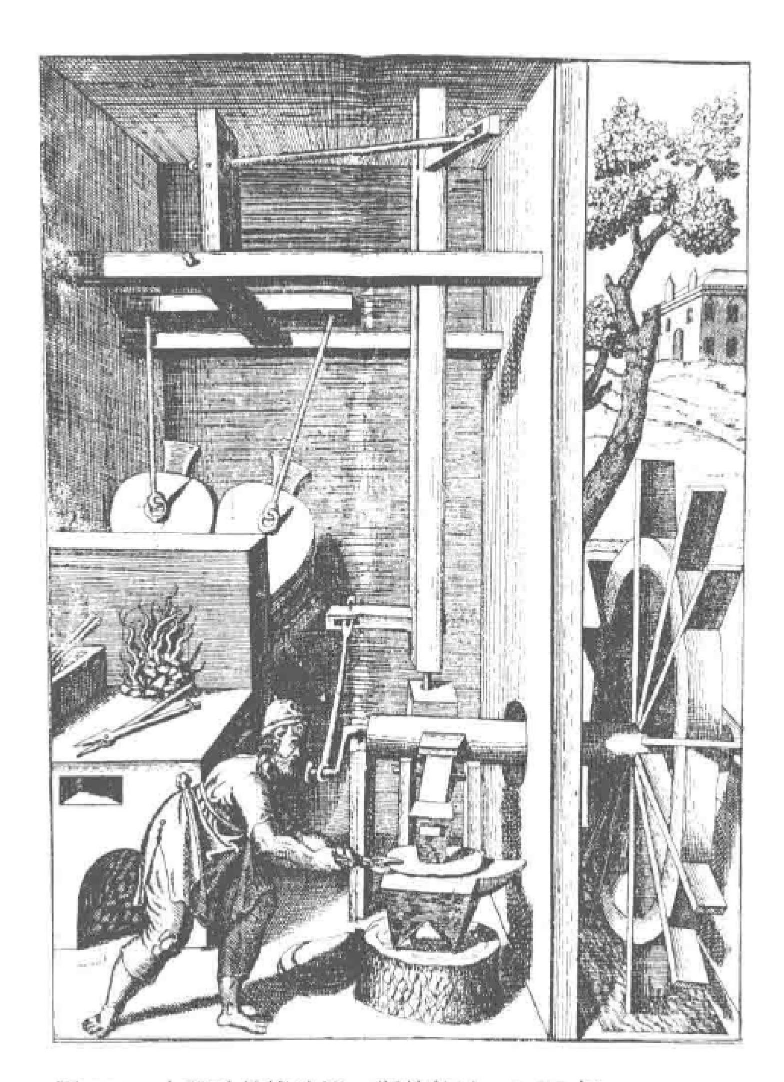


图 554　水驱动的锻造锤。斯特拉达，1617 年。

611

在不列颠，伴随人口的膨胀、城镇的发展和几种工艺的机械化，水磨的数量同样出现了惊人的增长。在英格兰，关于制粉机最早的可靠记载可以追溯到762年，肯特郡埃塞尔伯特二世（Ethelbert Ⅱ）核准了一张多佛尔东部修道院磨坊主的特许经营证书。碾磨谷物逐渐地集中于马磨和水磨，然而并不能完全代替家庭的手推磨。到10世纪时，水车已经进入爱尔兰。一个世纪后的《末日审判书》(1086年）披露，在特伦特河和塞文河南部的3000个村庄中，有不少于5624台水磨[48]。其中一些水磨也许是横式或挪威式的，尽管这样的水磨在居住在山地的凯尔特人和挪威人中更为常见。在这里，立式或维特鲁威水轮一直很流行。

水磨减轻了家庭主妇的工作，并促进了磨坊主的产生。对于搭建水磨的人来说，这些水磨是利润的来源，适合每一个拥有可以驱动它的溪流的庄园——大约占《末日审判书》中记录的庄园的三分之一。书中记载的英格兰磨坊成群分布，中心高地周围和面对欧洲大陆的东部密度最大，平均每50户家庭就有一座磨坊。这种分布有力地证明，水力的应用是从欧洲大陆引进的，首先进入肯特郡，然后进入林肯郡和诺福克郡。

制粉机出现不久，就有了工业用途的机器。《末日审判书》中提到了几家碾碎矿石的捣矿作坊和锤磨作坊，后来又有了浆洗作坊(1168年)、制革作坊(1217年)、涂料作坊(1361年)和锯木作坊(1376年)。到14世纪，每一个中等规模的村庄都有一座新型的磨坊，它被磨坊主从庄园主手中租赁下来，法律文件大量表现了地主和承租人之间在磨坊问题上的冲突。河谷间的磨坊对技术的发展起到了重要的作用，例如，13世纪使用以水驱动的槌子浆洗衣服，代替了旧有的用手或脚浆洗衣服的习惯。这导致浆洗行业迁移到农村，从而将手工匠人从具有约束力的本地法规中解脱出来[49]。

我们在中欧找到了类似的景象。18世纪，水磨在图林根建成。

哈耶克(Václav Hajek，即 Wenceslaus Hagecius，卒于1552年)写的《波希米亚编年史》(*Bohemian chronicle*)则记载称，波希米亚第一台水磨建于718年——虽然现在认为这是值得怀疑的[50]。据说，亨利一世(Henry Ⅰ)在从前建造水磨的地方建造了戈斯拉尔城堡，那是922年的事情。大约在1000年，奥格斯堡城建起了*Lechwehr*，这是一种为磨坊提供水的堰。1097年，在因河山谷的维希修道院附近，建造了一台带有贮水池、导入槽和在岩石上开凿人工引水渠的水磨[15]。到12世纪，水磨传入到斯堪的纳维亚。大约在1200年，水磨传入冰岛和波兰。1242年，布雷斯劳附近的奥得河建成磨坊，市民在1272年获得运输和供应水的特权。1389年，意大利人在纽伦堡附近建造了德国的第一座造纸作坊。

612

中欧的水磨很早就应用于冶金，强有力的水力锻锤和风箱(图554、图555)的使用，使得锻造铁的数量和质量上都有了根本性的提高，同时也引入了新的生产工艺，从而第一次成批量地生产出铸铁来。因此，水力成为采矿和冶金的基础。因为这些功能，水力的应用还被引入到一些尚未征服的地区。到12世纪，它被应用于哈尔茨的铜矿开采和特兰托的银矿开采。随着银矿和铜矿的开采，水力应用进入到阿尔卑斯山和斯堪的纳维亚(16世纪)。13世纪，水力锻锤已很普遍。14世纪早期，水磨被用于生产冷拉钢丝(图39)。13世纪，水磨被用于采矿起重和碾碎石头。15世纪，出现了水力驱动的钻炮孔的机械。

613

水车在工业中的广泛应用，推动了传动装置和普遍意义上的实用机械装备的发展，这从16世纪早期的机械师手册中就可以了解到。不幸的是，人们对中世纪水力机械的结构知之甚少。因为城市和工业基地倾向于建在有水流经过的地方，也就是有能源供应的地方，所以运输也相应地变得方便。

614

关于水磨在东方的传播情况，我们仅有一些零星的资料。罗马帝国后期和拜占庭早期，它肯定传播到了东方。7世纪，中国已经对它

相当了解。大约在9世纪，用于灌溉的水磨传到日本。犹太法典中也提到了水磨，它看起来在罗马统治时期传到了巴勒斯坦。伊斯兰文化中有一种具有浓厚希腊风格的机械技术，在菲洛（Philo）、维特鲁威和希罗以及其他人的阿拉伯文作品中都可以见到。据说，希腊使者于751年在巴格达建造了一座大型水磨，当然还有另一种说法认为，从前后顺序来看，它更可能是790年左右建造的。水磨主要用于灌溉，但是穆斯林改进了古老的建造方法，鼓励使用水力。幼发拉底河和底格里斯河上的很多城市都拥有浮动水磨，波斯海湾的海滨城市巴士拉甚至拥有了潮汐水磨，绝大部分用于碾磨谷物。叙利亚因为水车而非常著名，特别是在安条克和哈马的大轮子，那里大约在1300年前后有不少于32台大水车。昆萨（Qaisar ibn Abu' l-Qāsim，卒于1251年）

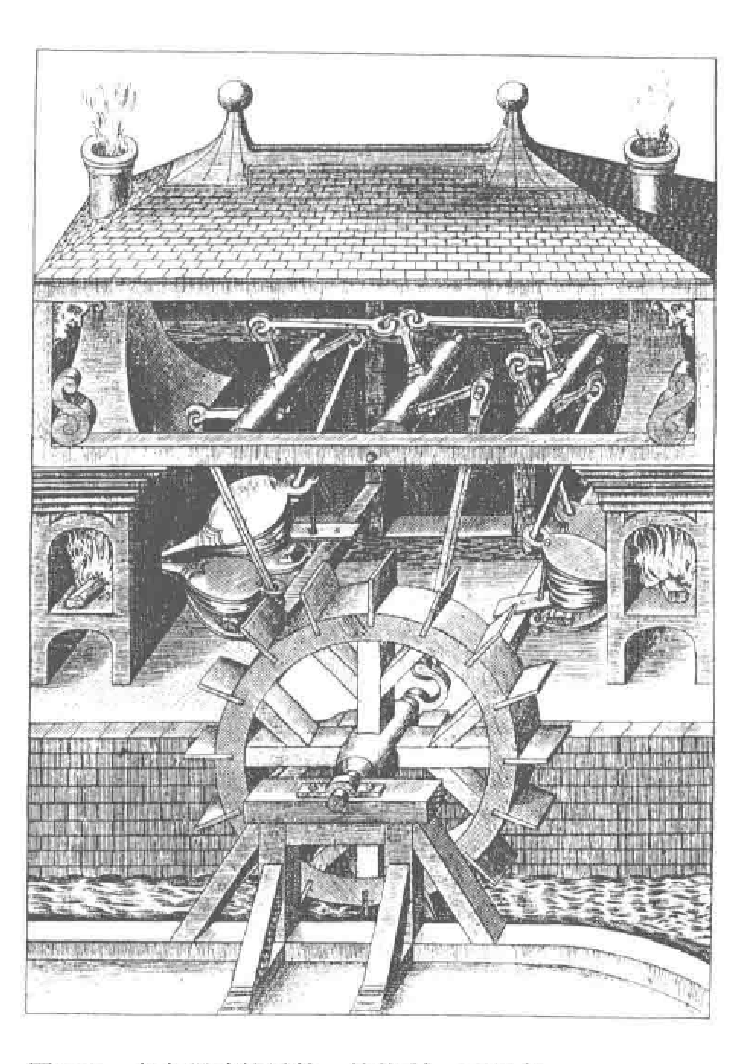


图555　水力驱动的风箱。拉梅利，1588年。

是一位非常著名的水车建造者。前面曾假设把它们介绍到了西欧的人，是那些对机械装置有深刻印象的十字军战士。虽然这种希腊风格的机械在东方的复兴与西方更完善地利用水力同时发生，但它们发展的趋势完全不同。当水磨在西方已经成为能源的主要来源时，阿尔皮尼(1203—1283)只能在《地理学》(*Geography*)中对各种各样的水车作一番描述。1205年，阿勒贾扎里(Al-Jazarī)曾提到一种水车，它是人们所能制造的许多有趣的自动操作装置之一。除了在灌溉方面有所应用以外，水车在穆斯林世界从来没有成为原动机，因为当时的经济条件不能刺激它进一步发展。

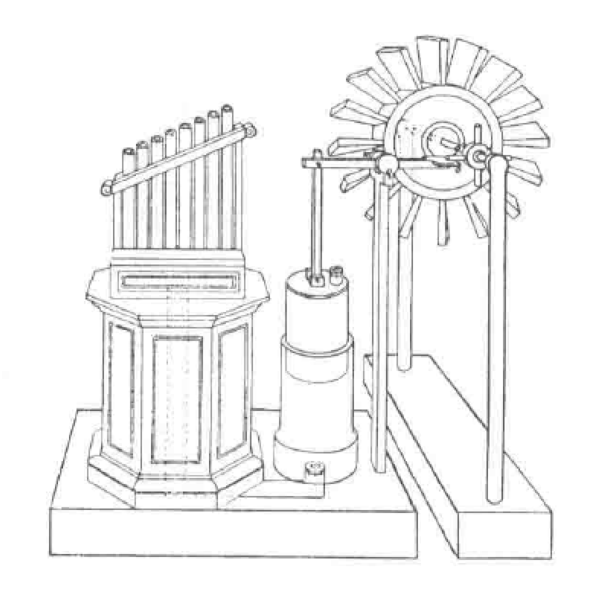
17.9 东方的风车

公认的看法是，希腊人和罗马人并不知道风车[51]。亚历山大的希罗描写了一种风琴，为风琴的管子提供空气的活塞被一个轮子驱动着，“轮子上有像桨一样的铲，被称为风力发动机”(图556)。它的希腊文字是*anemourion*(风向标)，这个术语除了出现在那本书中，仅在一位12世纪主教的著作中出现过。亚历山大希罗的一些手稿中画有一种带转动活塞的风车，但这些草图是后来由基督教或穆斯林抄写员加上去的，他们对风车已经相当了解，因此不必予以理会。由于没有任何其他古典时期的机械师提到类似风车的东西，我们只得认为当时风车还不为人所知，除了希罗的风向标之外[52]。

615

东方风车的祖先可能是祈祷轮，它利用铲子“抓住”吹来的风使垂直车轮旋转。400年左右，中国旅行家在中亚一带发现有人使用祈祷轮。据说，最早的真正的风车源于伊斯兰教。哈里发奥马尔一世(Caliph Omar Ⅰ)统治时期(634—644)，某个波斯人称能够“建造由风力驱动旋转的装置”。当他在人们的怀疑下坚持这一说法时，哈里发命令他建造了一台[53]。

下一个信息来自两位波斯地理学家大约写于950年的书，里面提


图 556　希罗的风琴。16 世纪时仿原型重建。

到了波斯锡斯坦省的风车：

这里由蒸发的盐湖和陆地组成，很热，有成丛的棕榈树，不下雪。陆地平坦，没有高山。风很强劲，因此适于建造由风力驱动的碾磨。

这里到处是流动的沙子，如果不采取措施，有可能淹没村庄和城市。我曾听说，当人们想把沙子弄走以免沙灾在临近地区蔓延开来时，他们用木料、荆棘及类似的东西搭起像篱笆一样的围墙，比沙丘还高，围住沙子。他们在较低的地方搭起门。风从门进来，像旋风一样吹走上面的沙子，无害地落在很远处。[54]

第二段关于控制流沙的文字，常被引用来说明锡斯坦的居民似乎当时就已经完全有能力引导空气流动，他们主要把这种技术应用于风车的建造。阿拉伯地理学家麦斯欧迪（Al-Mas'ūdī，947 年）首次提出："锡斯坦是一个很有特点的由风和沙组成的地带，风驱动风车从井里抽取水来灌溉菜园，地球上没有其他地方能比这里更好地利用风了。"[55] 大约 3 个世纪后，波斯学者阿尔皮尼这样描述锡斯坦："风从来不停，人们建造风车来利用风。他们只用这种风车来碾磨谷物。这是一个炎热的国家，靠风车来利用风。"[56] 他接下来描述了这里的居民如何控制流沙——这些内容阿拉伯的其他地理学家已经提到过[57]。除了靠风车利用风弄走沙子之外，我们在锡斯坦还发现风车被用于碾磨谷物和抽水。

616

由此看来，锡斯坦是东方风车的诞生地，发明时间应该是穆斯林早期或前穆斯林时期。最早关于风车构造的描述（带有草图），出

自叙利亚宇宙志家阿勒迪马西奇(Al-Dimashqī,1256或1257—1326或1327)的一段文字(图557):

下面描述那时建造的由风带动的风车(锡斯坦地区)。在高山或丘陵的顶端,或在城堡的塔上,他们建起像尖塔一样的建筑。顶端建成双层结构,上层装有磨石,通过转动来碾磨,下层装有轮子,通过进来的风带动旋转。下面的轮子一转动,上面的磨石也跟着转动。风无论怎样吹,风车都能运转起来,虽然只有一块磨石在动。

在完成如草图所示的双层结构之后,他们又造了4个狭长的缺口或像射弹孔一样的眼(在墙上),但它与射弹孔相比是颠倒的,因为宽的部分向外张开,窄的缺口在里边,以这样的方式形成的通风管道,风可以强有力地进入到里面,就像金匠下面所说的……无论任何方向的风都可以吹进。当风从事先准备好的进口进入到里边时,在前进的路上会遇到卷轴,很像纺织工的绕线机。这个装置有12个臂,也可以用6个臂。这些臂上钉有织布,就像灯笼的外罩。不同的臂把这些织布分开,所以每一个臂都是单独被覆盖的。织布有一个可充入空气的隆起,空气充入时会向前推动这些臂。接着,又充入下一个隆起,再把臂向前推,随后又充入第三个隆起。于是,卷轴转动起来,进而带动磨石旋转,碾磨谷物。这些磨坊需要建在高高的城堡上,那里不

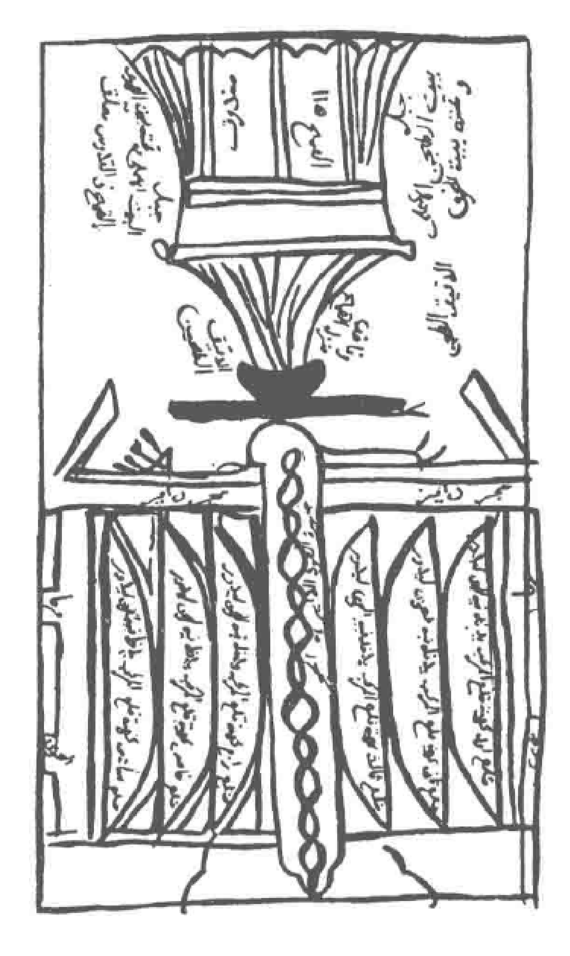


图557 阿勒迪马西奇所描写的横式风车。下面的帆带动垂直轴转动;上面的石头漏斗向磨石供给谷物。大约1300年。

需要水，但必须有流动的空气[58]。

后来的历史学家告诉我们："在阿富汗，所有的风车和提水的轮子都是由北风带动的，它们都朝向北。风车附带有一系列百叶窗，通过关闭或打开百叶窗就能控制风的进出。如果风力太强，面粉会被摩擦产生的巨大热量烘焦变黑，甚至磨石也会因变热而碎裂。"[59]

617

看来，这种起源于波斯西北山地的风车的出现与希腊或挪威水磨有直接的关系。风车看起来是波斯当地人对希腊水磨的改造，因为那里没有水，但是可以得到风。刚开始时，风车被局限在波斯和阿富汗地区，随后这项发明传遍了伊斯兰国家，12 世纪时向东传播到远东。在伊斯兰国家、印度、中国，原始的风车成为一种重要的原动机，用于碾磨谷物、抽水、磨碎甘蔗等。几个世纪后，甘蔗工业从埃及引入到西印度地区，当时来自埃及的专家在那里建立了第一个甘蔗农场。由于水利工程已被蒙古人和土耳其人毁坏，实际上现在除了波斯以外，风车在埃及和近东已经消失。

为了灌溉以及从深井中抽取盐水，中国人仍然将这种波斯型风车与链式水车（图 558）连接在一起使用。它不建在磨坊里面，而是暴露在外面，使用经过改造的中国渔船上的帆作为取风装置[60]。这种风车在 1655 年时首次在文献中出现，显然它的出现时间应该更早一些。

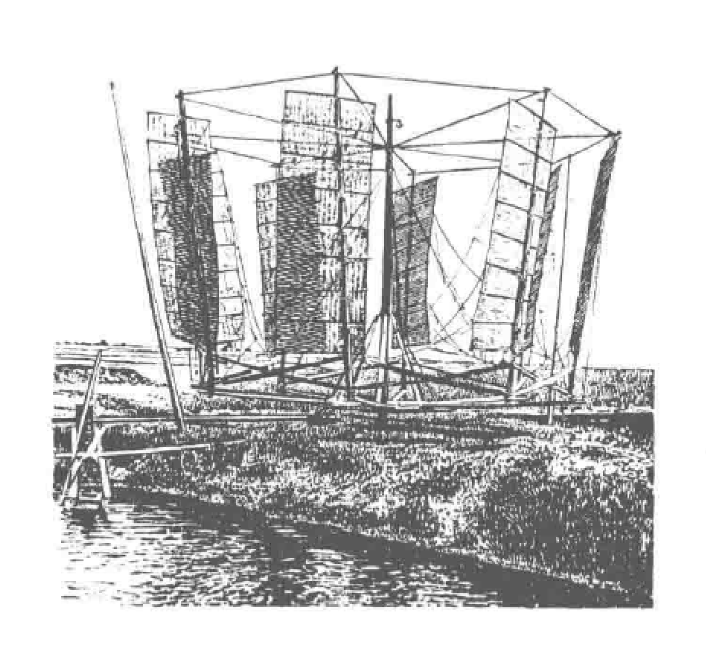


图 558　与链式水车一起用于灌溉的中国现代风车。

17.10　作为原动机的风车

人们对风车在西方的起源有很多推测。一些人主张风车从波斯通过贸易路线途

经俄罗斯和斯堪的纳维亚传到欧洲西北部。风车在欧洲不同国家首次出现的顺序说明，它可能从伊斯兰国家途经摩洛哥和西班牙传来的。另一方面，有人认为西方风车（从最早的单柱风车算起，它有4个垂直的帆附着在水平轴上）的建造完全不同于东方的风车[1]，因此它可能具有某种完全不同的起源。有些作者据此认为它源于维特鲁威水车，因为古代的希罗已经知道了某种风车轮（边码615），这种设计思想很可能体现在西方风车中。单柱风车的机械装置类似于将驱动装置反向使用的维特鲁威水车，动力源自于下面的帆而不是上面的水轮。如果懂得如何造型并修整使帆能够持续转动，那么熟悉维特鲁威水车的制造者就能建造出单柱式结构的风车。在西方风车史中，这种新的空气动力装置是一种精致而新颖的发明（边码623—628）。

618

我们希望了解更多的克利特岛和爱琴群岛上的精巧风车的历史（图559），向西远至葡萄牙都会找到一些这样的例子。它们有像船帆一样的装置，但并不以网格构架展开。轴上有8或12个臂，臂是由金属拉索支撑着的细圆柱。帆是三角形的，帆的底部指向周围，顶点指向中心，一边附着在臂的末端，另一边附着在绳索上。帆在风车空闲时缠绕在臂上，使用时则不同程度地展开。用一根长竿子作杠杆转动圆锥形的顶盖，就会带动风车的顶端迎着风向转动，顶盖架在置于塔顶一圈环形排列的木柱上。显然，这暗示西方风车的设计思想可能源于船帆和风力推动。但是，克里特岛的风车是塔式的，而我们知道塔式风车应该在单柱风车之前。13世纪和14世纪的手稿没有提到过船首三角帆，它仅在地中海地区和伊比利亚半岛发现过。因此，这些风车可能是后来为了适应地中海环境而改进的西方塔式风车[61]。

619

大约在一个世纪之内，从英格兰东部，经过低地国家（图560）和

1　从空气动力学来看，西方的风车——一种反转的空气螺旋桨——远比东方的风车先进和有智慧。前一种风车中，风在所有的时间里都会鼓起所有的帆来；而后者仅有一部分帆鼓起。这样，利用风对一个平面的压力而使风车得以连续转动的问题，通过这种西方风帆有效地得到了解决。它在原理上与东方的风车是如此不同，不能仅仅称其为一种适应性改进。

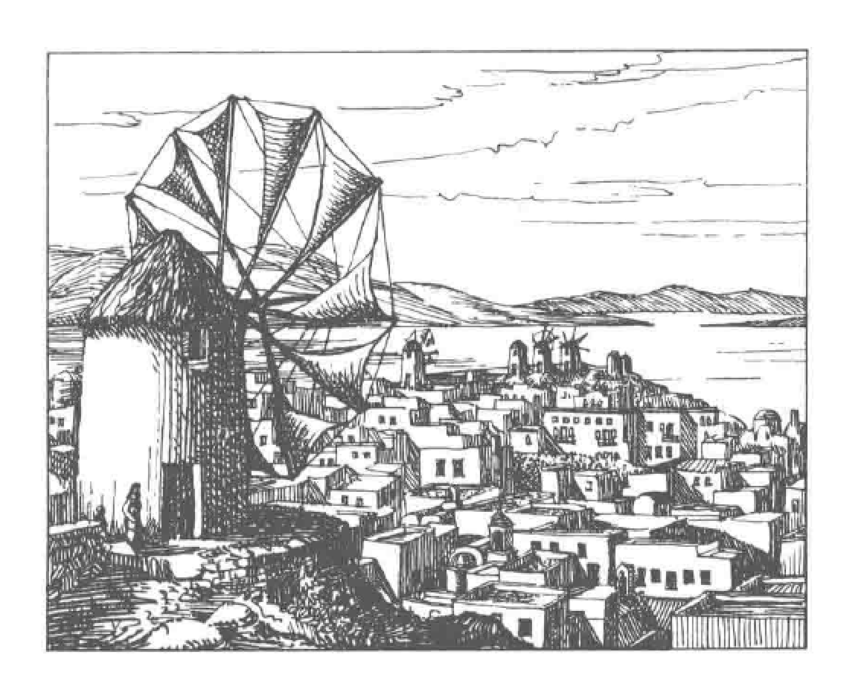


图 559 带有三角帆的爱琴海现代风车，它的帆展开后很像船帆。

德国北部平原，到拉脱维亚和俄罗斯的低海拔平原地区，风车成为了具有代表性的原动机。在低地国家的中部，风车主要用作提水机或抽水机的原始动力[62]。据称，西多会的僧侣在湖泊和沼泽地区大规模地推广排水装置。随着人类在此建立更大的定居点，定居地日益扩大，这里因为生产泥煤而形成了浅湖。1000—1400 年间，这些低洼地进一步扩大。1300 年左右，湖海的扩大由于修建堤防和坝而暂时停止了，人们开始有组织地从这些湖和沼泽地中排水。然而，与预期的相反，低地国家的第一台风车是磨谷物用的。荷兰最古老的一份关于风车的文件显示，费洛里斯五世伯爵（Count Floris V）承认哈勒姆的市民为风车付税 6 先令，为马拉的磨付税 3 先令的特权，非该市市民的则必须付税 20 先令（1274 年）。1299 年，代尔夫特市的科宁斯维尔德修道院建造了风车的样机，盖勒伯爵（Count of Gelre）1294 年也提到了建造在洛格齐姆的谷物磨。1430 年，建成了第一台用风带动的湿地磨（也叫 *wipmolen*，边码 625），它直到 1600 年才成为荷兰排水系统的普遍特征（边码 689）。

620

1222 年，科隆在城墙上建了一个风车，这是中世纪后期城镇中一

种通用的形式。很快，荷兰人成为著名的风车制造者，1392 年在科隆建造了一台风车，1 年后在斯培西亚出现了同样的一台风车。1237 年，在锡耶纳有了意大利风车；1337 年，威尼斯附近的另一台风车也被人提到。大约 1400 年，风车从中欧和斯堪的纳维亚南部传到芬兰。

一些鲜为人知的风车使用建议，显示了对风车非同寻常的适应能力的正确评价。1430 年慕尼黑的一份手稿中写到，准备在卸载天然石块等重负荷时使用带有帆的风轴作制动闸。1326 年，在一本由米利纳特的沃尔特（Walter de Millinate）献给英格兰爱德华二世（Edward Ⅱ）的书中，作者阐明了如何用单柱风车把蜂巢投到被围困的城镇。1335 年，意大利医生吉多的维拉齐奥（Guido da Vigevano）为一种战车或“坦克”设计勾画了草图（图 659），这种车由带有帆的风轴驱动。15 世纪，军事工程师瓦尔图里奥（Roberto Valturio，卒于 1484 年）也提出了一个类似的方案。



图 560　低地国家的单柱风车（post-mill）和塔磨。斯特拉达尼斯（Stradanus），1627 年。

相关文献

[1] Cranstone, B. A. L. *Man,* 51, 48, 1951.

[2] Forbes, R. J. *Arch. int. Hist. Sci.,* no. 12, 599, 1950.

[3] Mendelsohn, I. 'Slavery in the Ancient Near East.' University Press, Oxford. 1949.

[4] Westermann, W. L. *J. econ, Hist.,* 2, 149, 1942.

[5] Lefebvre des Noëttes, R. J. E. C. 'L'attelage et le cheval de selle à travers les âges' (2vols). Picard, Paris. 1931.

[6] Needham, J. *J. R. cent. Asian Soc.,* 36, 139–41, 1949.

[7] Carnat, G. 'Le fer à cheval à travers l' histoire.' Vigot, Paris. 1952.

[8] *Anthologia Graeca,* IX, no. 418. (Loeb ed. Vol. 3, p. 232, 1918.)

[9] Strabo XII, C 556. (Loeb ed. Vol. 5, p. 428, 1928.)

[10] O' Reilly, J. P. *Proc. R. Irish Acad.,* 29, sect. C, 55, 1902 (1904).
Curwen, E. C. *Antiquity,* 18, 130, 1944.

[11] Mayence, F. *Bull. Mus. R. Art Hist.,* 1, 5 and fig. 5, 1933.

[12] Pliny *Nat. hist.,* XVIII, xxiii, 97. (Loeb ed. Vol. 5, p. 250, 1950.)

[13] Steensberg, A. 'Farms and Water-mills in Denmark through 2000 Years', p. 294. Nationalmuseet, 3. Afd. Arkaeol. Landsby-undersøgelser, no. 1. Copenhagen. 1952.

[14] Bennett, R. and Elton, J. 'History of Corn Milling', Vol. 2, chap. 3. Simpkin, Marshall, London; Howell, Liverpool. 1899.

[15] Reindl, C. *Wasserkraftjb.,* 1, 1, 1924 (1925).

[16] Vitruvius *De architectura,* X, v. (Loeb ed. Vol. 2, p. 304, 1934.)
Lucretius *De rerum natura,* V, line 515 f. (Loeb ed, p. 378, 1924.)

[17] Parsons, A. W. *Hesperia,* 5, 70, 1936.

[18] Wiedemann, E. *Mitt. Gesch. Med. Naturw.,* 15, 368, 1916.

[19] Ausonius *Mosella,* lines 362–4. (Loeb ed. Vol. 1, p. 252, 1919.)
Fortunatus *Carmina,* III, no. 12, lines 37–38. Ed. by I. Leo. Mon. Germ. hist., *Auctores antiquissimi,* Vol. 4, Pt I, p. 65. Weidmann, Berlin. 1881.

[20] Jacono, L. *Ann. Lavori pubbl.,* 77, 217, 1939.
Reindl, C. *Wasserkraft, Münch.,* 34, 142, 1939.

[21] Benoit, F. *Rev. archéol., sixième série,* 15, 19, 1940.
Sagui, C. L. *Isis,* 38, iii and iv, 225, 1948.

[22] Brett, G. *Antiquity,* 13, 354, 1939.

[23] Buckler, W. H. and Robinson, D. M. 'Sardis', Vol. 7, Pt I, no. 169. Publications of the American Society for the Excavation of Sardis. Brill, Leyden. 1932.

[24] Palladius *De re rustica,* I, xli (xlii).

[25] Ashby, T. 'The Aqueducts of Ancient Rome' (ed. by I. A. Richmond), p. 46. Clarendon Press, Oxford. 1935.

[26] Codex Theodosianus, XV, 2, 6. (*Theodosiani Libri XVI,* ed. by T. Mommsen and P. M. Meyer, Vol. I, pt II, p. 816. Weidmann, Berlin. 1905.)

[27] Procopius History of the Wars, Bk. V (The Gothic War), xix, 8. (Loeb ed. Vol. 3, p. 186, 1919.)

[28] Corpus juris civilis. *Codex Justiniani,* XI, 43, 10.
Casiodorus *Variae,* III, xxxi, in Migne *Pat. lat.,* Vol. 69, col. 593. For an Eng. trans. see Hodgkin, T. 'The Letters of Cassiodorus', p. 213. Frowde, London. 1886.

[29] *Lex Visigothorum,* VIII, 4, 30. *Mon. Germ. hist., Leges,* sect. I, Vol. 1. Hahn, Hanover, Leipzig. 1902.

[30] Drachmann, A. G. 'Ktesibios, Philon and Heron.' *Acta historica scientiarum naturalium et medicinalium,* Vol. 4. Bibliotheca Univ. Havniensis, Copenhagen. 1948.
Rehm, A. *Arch. Kulturgesch.,* 38, 135, 1938.

[31] Pliny *Nat. hist.,* XXXIV, vi, 11. (Loeb ed. Vol. 9, p. 134, 1952.)
Saint Augustine *De civitate Dei,* VII, 4.

(Trans. by M. Dodds, Vol. 1, pp. 264 f. Hafner, New York. 1948.)

[32] Pappus of Alexandria *Collectiones mathematicae,* VIII, 1. (French trans. by P. ver Eecke. Vol. 2, p. 810. Desclée de Brouwer, Paris, Bruges. 1933.)

[33] Torrey, H. B. *Amer. Nat.,* 72, 293, 1938. Gompertz, H. *J. hist. Ideas,* 4, 161, 1943.

[34] Plutarch *Vitae parallelae: Marcellus,* xiv, 4. (Loeb ed. Vol. 5, pp. 470 ff., 1917.)

[35] Dijksterhuis, E. J. *Hermeneus,* 18, 23, 1946.

[36] Bacon, Francis. *Novum organum scientiarum,* I, v, Aphorism 85.

[37] Oertel, F. *Rheinisches Museum, new series,* 79, 230, 1930.
Forbes, R. J. *Arch. int. Hist. Sci.,* no. 8, 919, 1949.

[38] Rostovtzeff, M. 'Social and Economic History of the Hellenistic World' (3 vols). Claredon Press, Oxford. 1941.

[39] Thompson, E. A. (Ed. and Trans.). 'A Roman Reformer and Inventor. Being a new text of the Treatise *De rebus bellicis*', p. 107. Clarendon Press, Oxford. 1952.

[40] Geoghegan, A. T. 'The Attitude towards Labor in Early Christianity and Ancient Culture.' Studies in Christian Antiquity No. 6. Catholic University of America, Washington. 1945.

[41] Thompson, E. A. See ref. [39], pp. 50 ff.

[42] Procopius. See ref. [27], xix, 19–20. (Loeb ed. Vol. 3, p. 190, 1919.)

[43] Bélidor, B., Forest de. 'Architecture hydraulique, ou l' art de conduire, d' élever et de ménager les eaux pour les différens besoins de la vie', Vol. 1, chap. 2. "Moulins à scier le bois, le marbre, et à percer des tuyaux", p. 321. Jombert, Paris. 1737.

[44] Gille, B. 'Esprit et civilisation technique au Moyen Âge.' *Conf. du Palais de la Découverte, Janvier 1952*. Paris.

[45] Gregory of Tours. *Historia Francorum,* III, xix; *Vitae patrum,* XVIII, 2 (ed. by W. Arndt and B. Krusch), *Mon. Germ. hist., Scriptores rerum Merovingicarum,* Vol. 1, pp. 129 and 734 f. Hahn, Hanover. 1885.

[46] *Lex Salica ed.* by J. F. Behrend (2nd ed.), XXII, 1–3, pp. 39 f. Böhlau, Weimar. 1897; ed. with German trans. by K. A. Eckhardt, XXIX–XXX. Germanenrechte, Neue Folge, Abt. Westgermanisches Recht, Böhlau, Weimar. 1953.

[47] *Capitularia regum Francorum* ed. by A. Boretius, no. 32 (*Capitulare de villis*), p. 89. *Mon. Germ. hist., Leges,* sect. II, Vol. 1, Hahn, Hanover. 1883.

[48] Hodgen, M. T. *Antiquity,* 13, 261, 1939.

[49] Carus-Wilson, Eleanora M. *Econ. Hist. Rev.,* 11, 39, 1941.

[50] Hajek, Václav. 'Kronika Czeska', fol. VIII^{r}. Jan Severýn the younger and Ondr˘e Kubes, Prague. 1541; German trans. by J. Sandel. 'Böhmische Chronica Wenceslai Hagecii', fol. 10^{r}. Weidlich, Prague. 1596.

[51] Titley, A. *Trans. Newcomen Soc.,* 3, 41, 1924. Vowles, H. P. *Ibid.,* 11, 1, 1930–1.

[52] Hero of 'Alexandria *Pneumatica,* I, 34 (ed. by W. Schmidt, Vol. 1, pp. 204–7. Teubner, Leipzig. 1899. Eng. trans. by B. Woodcroft, p. 108. Whittingham, London. 1851.)

[53] Al-Mas 'ūdī, 'Alī ibn Husain. 'Les prairies d' or' (ed. and trans. by Barbier de Meynard and Pavet de Courteille), Vol. 4, p. 227. Société Asiatique, Paris. 1865.
Muir, Sir William. 'The Caliphate' (new rev. ed. by T. H. Weir), p. 187. Grant, Edinburgh. 1915 (Reprinted 1924).

[54] Al-Istakhrī, Ibrāhīm ibn Muhammad Al-Fārisī. 'Das Buch der Länder' (German trans. by A. D. Mordtmann), p. 110. Akademie von Hamburg, Schriften. Vol. 1, Pt II,p. 134. Dieterich, Göttingen. 1845.
Ibn Hauqal, Muhammad Abu' l Qāsim. *Viae et regna* (ed. by M. J. de Goeje), p. 299. Brill, Leyden. 1873.

[55] Al-Mas'ūdī, 'Alī ibn Husain. See ref. [53], Vol. 2, p. 80. Paris. 1863.

[56] Al-Qazwīnī, Zakarīya ibn Muhammad. 'Kosmographie' (ed. by F. Wüstenfeld), Pt

622

II, p. 134. Dieterich, Göttingen. 1848.

[57] Abu' l-Fidā' , Ismā 'il ibn 'Alī ' Imād al- Dīn. 'Géographie d' Aboulféda' (French trans. by M. Reinaud and S. Guyard), Vol. 2, Pt II, p. 105. Imprimerie Nationale, Paris. 1883.

[58] Al-Dimashqī, Muhammad ibn Abī Tālib. 'Manuel de la Cosmographie du MoyenÂge' (French trans. by A. F. Mehren), p. 247. Leroux, Copenhagen, Paris. 1874.

[59] Mez, A. 'Die Renaissance des Islams' (ed. by H. Rechendorf), p. 439. Winter, Heidelberg. 1922.

[60] Vowles H. P. and Vowles, M. W. 'The Quest for Power' , p. 124. Chapman, London. 1931.

[61] Cobbett, L. *Antiquity*, 13, 458, 1939. Bathe, G. 'Horizontal Windmills.' Published by the author, Philadelphia. 1948.

[62] Boonenburg, K. 'Onze Windmolens.' Heemschutserie no. 69. De Lange, Amsterdam. 1949.
Idem. 'Windmills in Holland.' Netherlands Government Information Office, The Hague. 1951.

关于风车的注释

雷克斯·韦尔斯（REX WAILES）

在西欧所发现的文献中，有关风车最早的可靠时间应追溯到约1180年，记录的是在诺曼底圣萨德里维科特修道院一块赠地附近的风车[1]。研究增加了后续参考文献的数量，虽然在后面几个世纪里风车出现频率提高了，但并没有显示出更早的时间。 623

13世纪有关风车的最早插图，出现在约1270年坎特伯雷的《风车诗篇集》(*Windmill Psalter*)的最初版本中，它现在保存于纽约（图561）[2]，非常清楚地显示了传统结构的单柱风车。我们可以毫无疑义地假设，这幅画的画家非常熟悉这种景观特征。事实上，13世纪末期风车已变得相当普通，这与大约一个世纪前有关它的第一份参考文献是一致的。早期把风车具体地描写成*molendinum ad ventum*，而把其他已知的碾磨简单地描写成*molendina*。

单柱式风车由像盒子一样的木质主体组成，帆和机械装置被装配在一个适当拉紧的直立柱子上，这样帆就可以迎着风转动（图561—563）。支撑柱的木制辅助结构放在砖或石头礅上，但并不做任何固定。风车如此建造的目的，就是要使它在礅上能够保持稳定（图592）。

有人猜测，人们所了解的从维特鲁威水磨到单柱风车的转变过程中，应该有一个过渡阶段。在这个阶段，石头被放置于主驱动柄的上 624



图 561　单柱风车。出自英文诗集首页上具有启发意义的插图。
据说是书中有关风车的最早代表，1270 年。

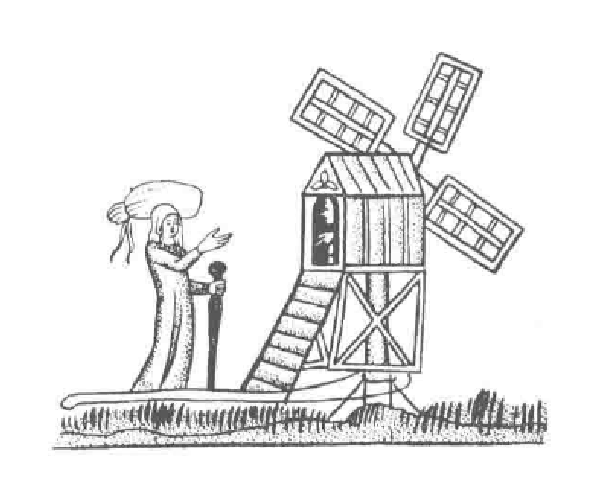


图 562　单柱风车。
风车是由木制主体以及能使整个风车迎着风向的长杆构成。出自意大利手稿，14 世纪早期。

方，事实上是用支柱上有风帆的水磨代替了水轮。然而，对于这个过渡阶段，人们并没有找到证据，这表明 12 世纪的风车制造者拥有充分的独创性和进取心，一步跳跃即可进步很大。

然而在苏联，过渡形式的风车在 20 世纪 20 年代被一些英国的旅游者拍摄到。从表面判断，这座风车的历史并不是很长，但是显示出上文所述的结构尽管笨拙，却是存在的。它的效率并不是很高，因为 (a) 帆太低，风力不足；(b) 顶部几乎没有储存空间，无法依靠重力把谷物装进石漏斗；(c) 磨石在磨粉机上的位置太高，不方便工作；(d) 主要动力必须传输到磨石上。

另一种是凹陷式的单柱风车。海事法《奥列隆法》（Judgements of Oléron）据说 12 世纪中叶由英格兰娅亚奎丹的埃莉诺 (Eleanor of Aquitaine) 颁布，并大约于 1314 年在英格兰使用，其中包括关于这种类型风车的最早资料：

同样，就风车而言，有一些安置在地面上，有很高的梯子，有一

些风车的脚固定在地面上，正像人们所说的，很好地粘在地上。相应地，它们不是可移动的，因为无法把它们与地面分开，或移走[3]，而一点不破坏最初结构。

这种风车的遗迹在英格兰的不同地点发掘出来，最近在赫特福德郡桑德尔山脉又有发现[4]。它们显示了风车的整体结构，包括柱子和它的支撑木料，这些东西都被埋在地下。这种设计是为了避免被风吹倒，不足之处就是有效高度降低了，因此不容易得到足够的风力，另外就是木制工件更易腐烂。

625

完全依靠帆和机械主体迎风旋转的风车需要发明者付出相当大的努力，这并不令人惊讶。这种塔式风车早在 1390 年就已经有人用插图进行了说明，却被错误地被认为属于 16 世纪中叶的发明。但就这幅插图而言，将其归为 14 世纪初似乎更加合乎逻辑。这种风车的砖塔或石塔包含机械装置，顶端带有帆，可以迎风转动（图 564、图 565）。

使用塔式风车的深层因素，很可能是由于缺乏用于建造单柱风车的足够粗大的木料，也可能是希望将风车建在塔和城堡的墙上。在这

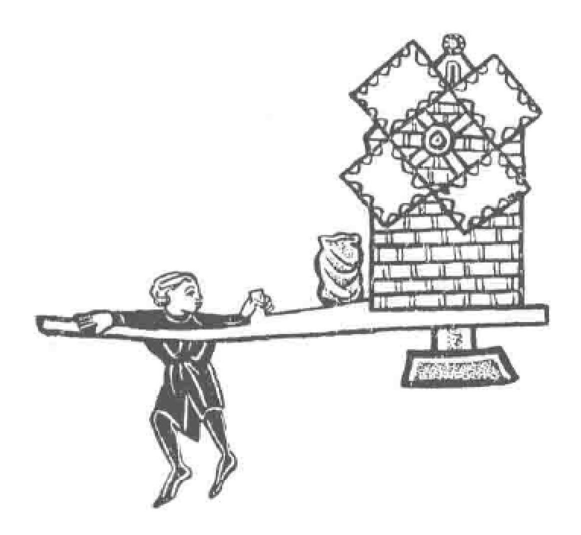


图 563　带有横梁的单柱风车。展示了亚里士多德的“物理学”。出自法文原稿的卷首，14 世纪。



图 564　塔式风车。出自 15 世纪的染色玻璃。斯托克拜克莱尔，萨福克。

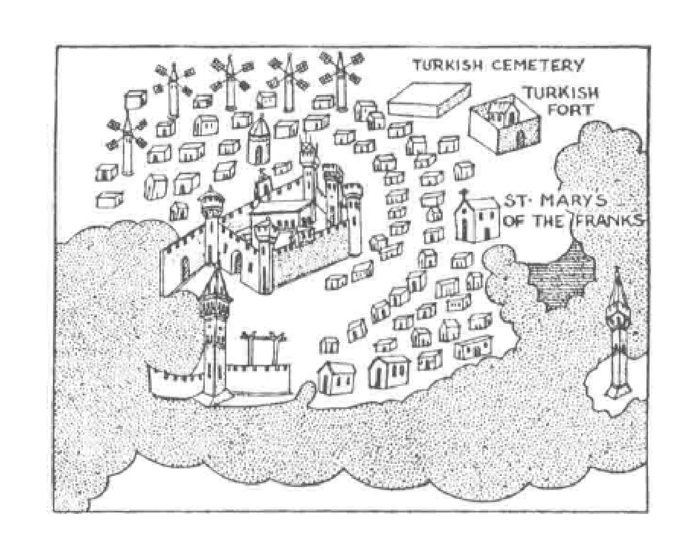


图 565 加利波利的拜占庭式塔式风车。出自一个旅行者的钢笔画，1420 年。

些地方，木制的单柱风车非常容易受敌人进攻的影响，塔式风车则能承受住进攻（图 566）。

直到这一时期，风车还只仅仅用于碾磨谷物。1430 年，荷兰人发明了湿地磨和内空的单柱风车，并首次用于排水（边码 689）和其他目的。它有一个小单柱风车主体，轴向下从支柱中心穿过，在下面转动机械。

1592 年，第一座利用风的锯木磨坊由科内利斯（Cornelis Cornelisz）在荷兰的厄伊特海斯特建成。这座磨坊有一个方形的类似单柱风车的主体，但比单柱风车更高，被装配在一个能左右偏转的筏子上，以便使帆迎着风向。人们用驳船运送原木，并收集已锯好的木料[5]。从此，赞丹地区的精良锯磨开始出现，它在独立的卷轴环上转动，卷轴在较低的砖基上留下印迹。看来，这是独立滚柱轴承的早期萌芽。

626

1588 年，机械师拉梅利（Ramelli）首次描绘了风车的内部工作部件[6]，展示了用于碾磨谷物的单柱风车和塔式风车。塔式风车可以扩建，能够比单柱风车包容更多的石头和机械装置，后来也确实扩大了，但当时似乎并没有实质性的发展。限制因素可能就是帆的效率，根据风车的设计可以推断，在正常的大风时最多能产生足够提升两块石头和大袋货物的动力。

拉梅利也展示了一台带动链泵的塔式风车（图 567）。贝松（Jacques Besson）在已知最早的水平风车图片中再次展示了链泵，他的遗作《数学工具的剧院》（*Théâtre des Instrumens Mathématiques*）[7]写于 1569

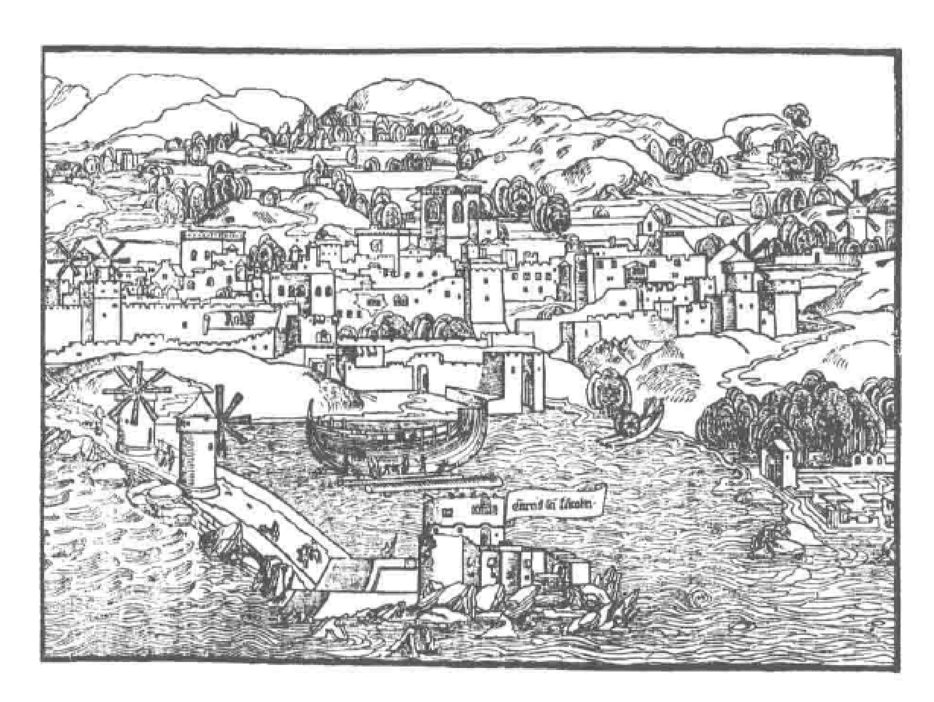


图 566　罗德岛上的塔式风车。
更多的是建在港口围墙的外部。木刻画的一部分，1486 年。

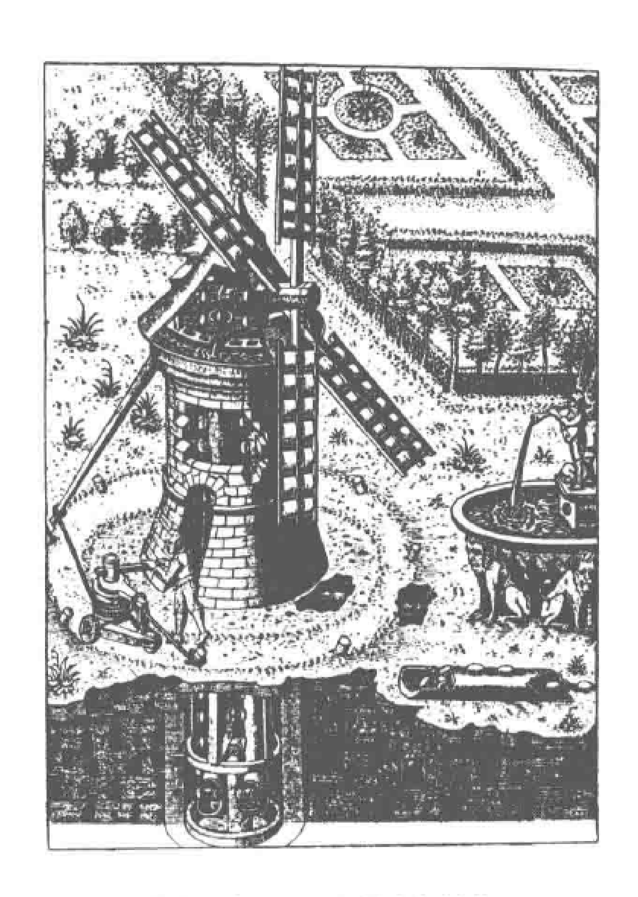


图 567　塔式风车，显示出其内部结构。
只有塔式风车的顶部是可以旋转的。部分的管道显示了非常简单但非常实用的由圆球和链条组成的汲水方法。拉梅利，1588 年。

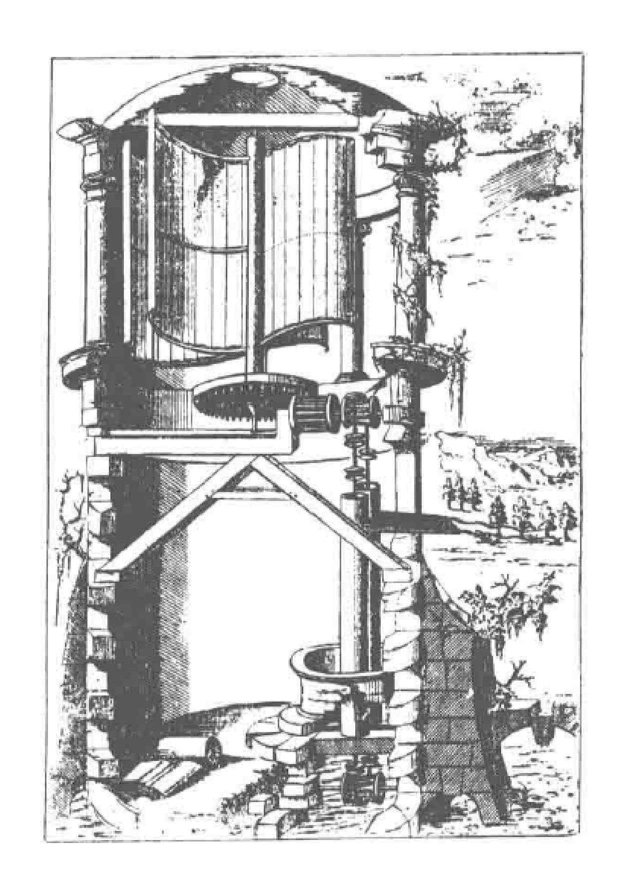


图 568　在圆顶下带有帆布风帆的塔式风车。
这是已知最早的水平风车的例证。贝松，1578 年。

627

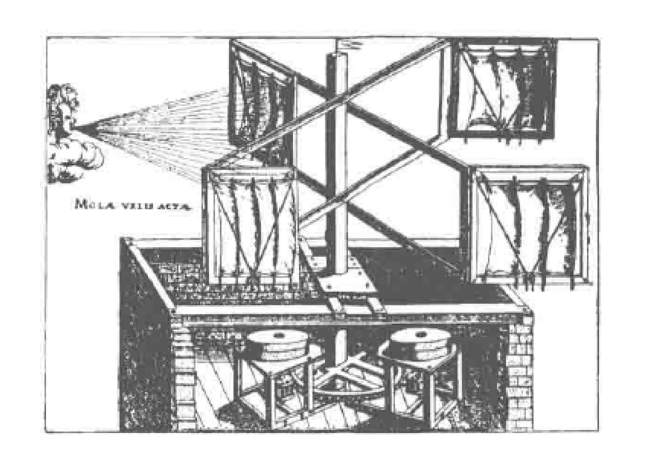


图 569　塔式风车的局部。
除了环臂结构的齿轮组外，还有铰链固定的帆布风帆。维拉齐奥，1595 年。

年前，1578 年完成了出版。这种水平风车有曲线形的帆，是用帆布制成的，架在塔的圆顶下（图 568）。

1595 年，维拉齐奥（Veranzio）[8]描述了 5 种不同种类的水平风车。第 1 种类似于贝松的风车，但带有直的木制帆，并且周围固定有曲线形的导流叶片。第 2 种带有固定的直风板，风板间有间隙，并带有可拆卸的门，以便根据风向来关闭风板之间的间隙。第 3 种像一个带有圆锥形顶的巨大烟囱帽，由木料构成（图 570）。第 4 种有 4 个水平安置的 V 字形木制长帆。第 5 种是用铰链将帆布固定在一起，帆上装着安有羽毛的活动遮板（图 569）。

在 5 幅图解中，有 3 幅显示了环臂结构的大齿轮，4 个臂在中心处彼此交叠形成方形，主轴由此通过（图 569、图 570），这是关于风车中改进环臂轮的最早例子。较早的罗盘臂轮子结构要求与臂相连的榫眼恰好通过主轴，反而使之在最需要强度的地方力量最弱。

人们并不知道这些早期的设计实际上有多少已被付诸实施，但不应认为众多介绍先进机械的图书所描述的设计都经过测试或者真正具有可行性，因为很多记述不过是有创造性的假设或虔诚的希望。

同样，刻在陆地风车上的日期也经常令人产生误解。18 世纪时，雕刻的数字“7”很像近代欧洲大陆带有衬线的数字“1”，人们不知道近代大陆“7”字带有十字形交叉的笔画。结果，诚实、热情但毫无批判力的考古学者听信接受了自鸣得意的风车主人的主张，以为

628

风车上注明的日期是 12 世纪的（例如，1769 年误读作 1169 年）。但是，只要稍加思考便能明白，这个图案中的风车是 18 世纪的，而不是 12 世纪的产物。

相关文献

[1] Delisle, L. *J. Brit. archaeol. Ass.*, 6, 403, 1850.

[2] Pierpont Morgan Library, New York. 'Catalogue of Manuscripts from the Libraries of William Morris, [*et al.*] now forming a portion of the Library of J. Pierpont Morgan', MS 19. Chiswick Press, London. 1907.

[3] Monumenta Juridica (ed. by Sir Travers Twiss). "The Good Usages and the Good Customs and the Good Judgements of the Commune of Olero.", chap. xci in Vol. 2, p. 386. Rolls Series, London. 1873.

[4] Westell, W. P. *Trans. St. Albans and Herts. archit. and archaeol. Soc.*, new series, 4, 173–183, 1934.

[5] Van Natrus, L., Polley, J., and Van Vuuren, C. 'Groot Volkomen Moolenboek' (2 vols). Johannes Covens and Cornelius Mortier, Amsterdam. 1734; 1736.

[6] Ramelli, A. 'Le diverse et artificiose machine.' Published by the author, Paris, 1588.

[7] Besson, J. 'Théâtre des instrumens mathématiques.' B. Vincent, Lyons. 1579.

[8] Verantius, F. *Machinae novae*, Pls xiii, xii, xi, ix, viii. Venice. 1620 (?).

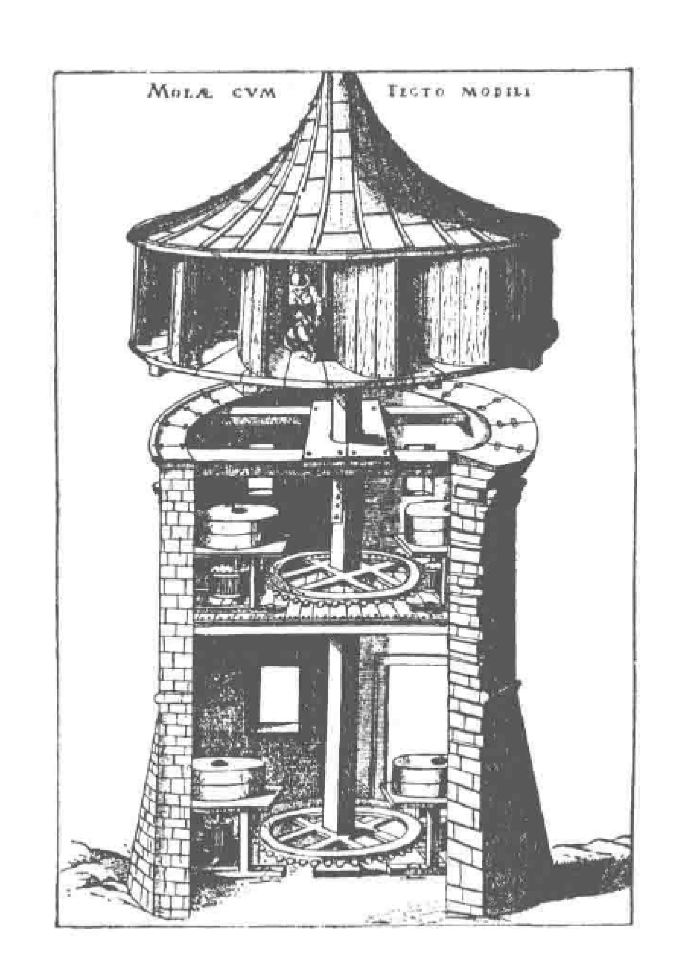
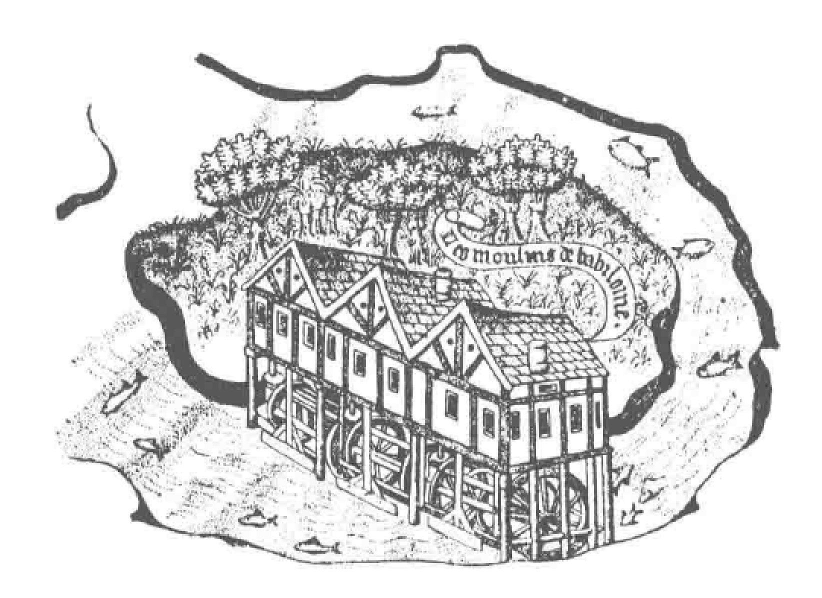


图 570　圆锥形顶下安装着木头风帆的塔式风车。如图所示，两组磨盘可以同时工作；当风力较小时，只有一组可以转动。维拉齐奥，1595 年。



"巴比伦的磨坊"。
这座黑白两色的木建筑物建在河中的桩上，在类似桥梁结构的拱下装了 3 台水车。出自 15 世纪法国的一部手稿。

第18章 机 械

伯特兰·吉勒（BERTRAND GILLE）

629

18.1 机械的起源

希腊人在使用 *mēchanē* 一词和罗马人在使用其同源词 machina 时，都有许多含糊不清的地方。这些词一般用来表示有独创性的发明。但是，还有另一种更精确的用法，那就是希腊人将机械划分为两类。一类是简单的机械，一般有杠杆、楔子、螺旋、滑轮和绞盘5种，有时还要加上第6种——斜面。另一类是复杂的机械，由简单的机械组合而成。

在实际应用中，机械是指由介于驱动力和执行部分之间的特定数量的移动部件构成的任何工具。例如，绞盘介于转动它的人和拉紧的绳子之间。斜面介于要到达的高地和要上升的车之间。现在，我们都认为这样的简单工具只是机械的一部分，清晰地识别它们是改善和应用更复杂设备的必要步骤。

显然，动物组织的基本特征就包含了机械的因素。无论多么原始的部落，都会系统地使用某种形式的杠杆。组合杠杆十分常见，有时表现为钳子的形式——只是在用金属制造以后，钳子才最终发展起来；有时表现为更原始的夹具的形式，其中最早的是曲杆，实际上是将两个操作杆在一端相连，用弹簧施加压力使它张开。眉型镊子在远古文明中得到了广泛的使用，为青铜时代的苏美尔、印度河流域、埃

及、西欧、非洲和东亚等地的人所熟悉，它们的使用甚至比剃刀流传得更广。大多数的农业工具是杠杆的特殊改进。

杠杆是所有机械的基础，为了更广泛地使用，必须把它和其他机械部件结合起来。很长时间以来，人们可能只掌握了杠杆的最简单应用。弹簧是另外一种精心设计的设备，严格地说它并不是一种机械元件，而是一种储存能量的方法。弹簧在自然界中随处可见，人们需要做的只是进行模仿。双壳类动物的壳可能早就被用作钳子了，以两个壳为杠杆，连接处为弹簧。原始人做的大多数陷阱，只是杠杆和弹簧的组合。

630

轮子的引进成为机械发展道路上的关键一步，它的产生和早期发展已经作过介绍（第Ⅰ卷，第9章）。人们很早就从轮子演化出了两种基本的机械装置，即车辆和陶轮。

滑轮是轮子的一种特殊形式，早期历史非常模糊。滑轮引进了另一个元素——只作为柔性连接的绳子，传动皮带出现得更晚。亚述人对滑轮的描述是值得怀疑的，古埃及人则似乎并不知道它。《机械》（*Mechanica*）这部著作提到了滑轮，作者曾被误认是亚里士多德（卒于公元前322年），但实际只是属于他的学派，而且比他晚不了多久。人们在维特鲁威时代（公元前1世纪）已经了解了滑轮，并且在罗马帝国（边码658起）的最初几个世纪里广泛地使用它。在动植物的解剖构造中有简单工具滑轮和楔子的相似物，却没有绞盘和螺丝的相似物。

18.2 希腊的机械

在公元前6世纪前的希腊，机械装置和古代帝国时期基本类似，只是由于金属加工工艺的引入带来了少数简单工具（如夹子和钳子）的改进。从公元前6世纪到公元前4世纪，希腊的机械化进程令人瞩目，这与希腊文化中航海和戏剧带来的技术发展相关。舞台和船

只都使用了某种非常相似的机械，滑轮及其不可缺少的补充物绞盘都体现了它们的特征。滑轮是绕有绳子的中凹的轮子，绞盘则是安有杠杆手柄的可以旋转的鼓型圆桶，并能够以水平轴或垂直轴的不同形式得到应用。特定的戏剧——特别是欧里庇得斯（Euripides，公元前480?—前406?）的戏剧需要大量的机械，因为在这些戏剧中，神常常要降临到舞台上，就像从天堂来为人间解除困扰。这就是 *the theos ek mēchanēs, deus ex machina*，在萨莫萨塔的卢西恩（Lucian of Samosata，120—180）的讽刺习语中，称为"来自机械的神"。机械在戏剧中的首次使用可能是在公元前427年，但我们无法确定滑轮和绞盘首先应用在戏剧中还是在船只或造船中。在公元前5世纪的希腊外科著作中，记录有对断掉的肢体进行拉伸整型的方法。这种方法涉及绞盘却没有涉及滑轮，这似乎表明绞盘是在滑轮之前出现的。

631 船只建造技术在这一时期的发展，证明了当时的加工木材工具已经非常先进了（边码563—567）。在公元前6世纪，在某些文献中记载的木材车削车床就出现了。螺丝钻也是在公元前5世纪发明的，它是一种用曲柄旋转的钻孔工具，中世纪的样式显示在图359中。弓形钻（图571、图204、图206）出现在这一时期的希腊，其中钻头靠轮轴上的弓弦带来的摩擦力来带动。毫无疑问它来自埃及，因为在壁画装饰和现实中都有描述（第Ⅰ卷，图112、图487—489）。传输的动作交替进行，但这不影响它的用途。



图571　希腊的橱柜制作者使用弓形钻给箱子盖打孔。出自公元前5世纪的一个希腊花瓶。

螺丝钻能把圆周运动变为沿旋转轴的直线运动，这是与螺旋相关的。事实上，螺旋在

阿基米德（约公元前287—前212）之前就已经出现，但曾经被人们误认为是阿基米德的发明。它可能是他林敦的阿奇塔斯（Archytas of Tarentum）——一位毕达哥拉斯学派的哲学家和数学家（约公元前400年）发明的，虽然证据并不可靠（边码677）。

追踪螺旋的起源和历史，有一个疑问就是早期的螺旋是如何制造出来的。螺旋本身是一个非常古老的产物，在新石器时代的纪念牌牌面上就曾发现过，例如在马耳他（公元前2000年）。毫无疑问，这些螺旋线是用系在皮带上的炭棒描画的，皮带的另一端在需要刻画的表面凸出的立柱上绑牢。这种图形也暗示了螺丝钻的螺旋线刻绘方法，许多软体动物的外壳提供了原型。然而，这种螺旋线不同于古代机械上的螺旋线，它是刻在圆柱体上的，而不是刻在锥形体上的。

最早的圆柱体上的螺旋线显然画在木头上，就像在庞贝城（图193）发现的用模子压制的和描绘的图形一样，大多数图形被希罗（图87和图572）讨论过。然而，古代人早就知道金属的螺旋线。有了像希罗的角度仪这

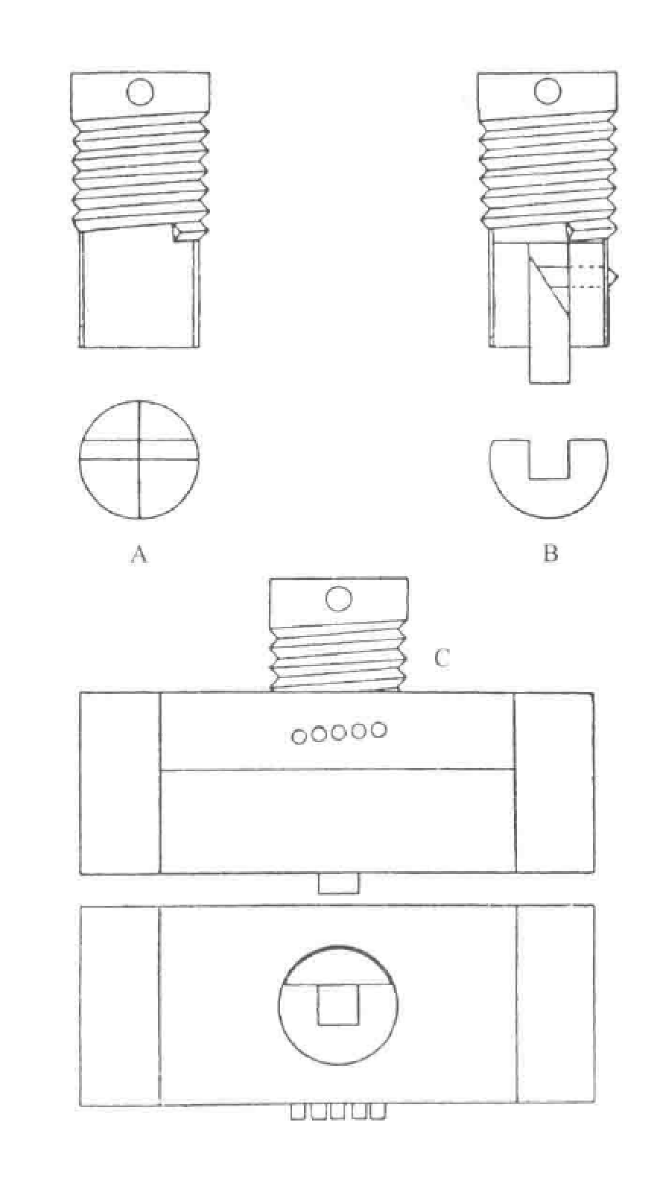


图572　希罗螺纹切割机的复原图。
(A) 凸螺纹的侧视图和底视图。其上部有一个用来安装手柄的孔，下部有一个光滑的短钉。(B，上) 短钉上刻有凹槽，嵌有一个铁切割器（注意倾斜的切割边缘），它将连续地沿边缘切割螺母的螺纹线。(B，下) 短钉的底视图。(C，上) 嵌入切割器后，带有短钉的凸螺纹插入平板的洞中。平板侧面有5个小短钉，形成临时的螺纹，来引导切割器。第二板子也有一个钻孔，内螺纹在这块板上被切割出来。(C，下) 正在工作的螺纹切割器的底视图。注意在制造替代品的第三个楔头被锯后的样子。

样精确的工具，便保证了切割的完美和精确。达到这种精确程度的方法是广为人知的。将一张直角三角形的软金属片包裹在一个圆柱上，使直角三角形的一边和圆柱的轴线平行，直角三角形的斜边就会在圆柱体的表面上形成一条螺旋线，成为用锉刀、凿子或者圆凿刻螺旋线凹槽的基准。螺旋线的一部分刻好以后，金属三角形沿圆柱体移动，螺旋线就得到了进一步的扩展。螺旋线可以由多条线组成，因而一副螺旋也可以有两条或多条螺线。运用同样的方法，我们可以在轮子上刻出倾斜的轮齿，这样的轮子实际上是带有螺纹的短螺旋。

632

在公元前4世纪的希腊，机械学相当发达，促使数学分析开始形成。依照第欧根尼(Diogenes Laertius，3世纪)的观点，阿奇塔斯——螺旋的所谓发明者——是第一个把几何学应用到机械学中的人。柏拉图确实曾经斥责过这位早期的毕达哥拉斯派的学者(主要活跃于约公元前400年)，因为他试图借助机械工具来解决特定的几何学问题。实际上，毕达哥拉斯学派的学者是希腊思想家中最接近实际和经验的一派。古代的学问与实际相脱离，陷入了形式主义的歧途。杠杆的数学理论起源于公元前4(？或前3)世纪伪亚里士多德著作《机械》(边码630)，这部书里包括35个与杠杆有关问题，其中许多探讨不是理论方面的，而完全是实际问题。

叙拉古的阿基米德(约公元前287—前212)是古代在力学方面最伟大的代表，也是自古以来最伟大的数学家之一，更是通过提出实际明确的问题来推动科学发展的第一位科学家。像毕达哥拉斯和阿奇塔斯，也像在他之前的埃及和巴比伦的观察家，更像在他之后的达·芬奇和伽利略一样，阿基米德是一位几何学家，因为几何学是技师的科学。他对静力学的研究揭示了杠杆的基础理论和重心，对于那些试图建造具有明确用途的机械的人有着重大的帮助。阿基米德的这些几何学研究非常重要的——如果我们信任普鲁塔克(46—125)——这些理

633

论使得他能够进行计算，例如使用特定的作用力提起给定的重量需要多少组滑轮，从而知道如何计算机械带来的效益，而不是仅仅知道提升装置多么重要。

传说阿基米德发明和建造了许多机械装置，特别是军事机械（边码 604、边码 699、边码 714）。不过，这些装置曾经存在的证据却含糊不清。唯一确实存在过的是和他的名字相联系的灌溉用的阿基米德螺旋（边码 677）。在传说中，人们将一项古埃及就已经在使用的发明错误地归功于他。

阿奇塔斯和阿基米德倡导对机械进行更精确的研究，其他人也如此，特别是在亚历山大城。公元前 3—前 1 世纪，亚历山大学派在力学领域相当活跃。然而，与其说学派的成员是有实际经验的人，不如说是一些理论家。虽然他们确实在解决专业技师提出的问题，但是好像很少参加实际的机械建造工作，很少将机械装置作为自己的发明公布出来。一部分机械装置是更早的时候发明的，虽然已经无法确定发明的确切时间。大多数时候，这些机械装置仅应用于没有实际用途的科学玩具上，例如，有时被称为蒸汽涡轮远祖的汽转球。蒸汽沿轴线被导入一个转动的球形容器，这个球体连接着两根相互缠绕的管子，从管子中喷出的蒸汽会驱使圆球转动。当然有时也有例外，例如拜占庭的菲洛（见注释，边码 708）以及亚历山大的数学家和技师，他们对实际使用的机械装置比对理论概念更感兴趣。

克特西比乌斯（Ctesibius，见注释，边码 708）是亚历山大城的一位早期的机械技师，他发现了空气的弹性。他似乎还发明了压缩空气兵器，以及在下一个世纪中得到实际和有效应用的吸入—加压式水泵。人们通常还认为，他设计了两个特别的装置，分别是漏壶（第 I 卷，图 48）和水力风琴（图 573，边码 634）。

埃及人已经知道使用压缩空气向火中鼓风（第 I 卷，图 383），但

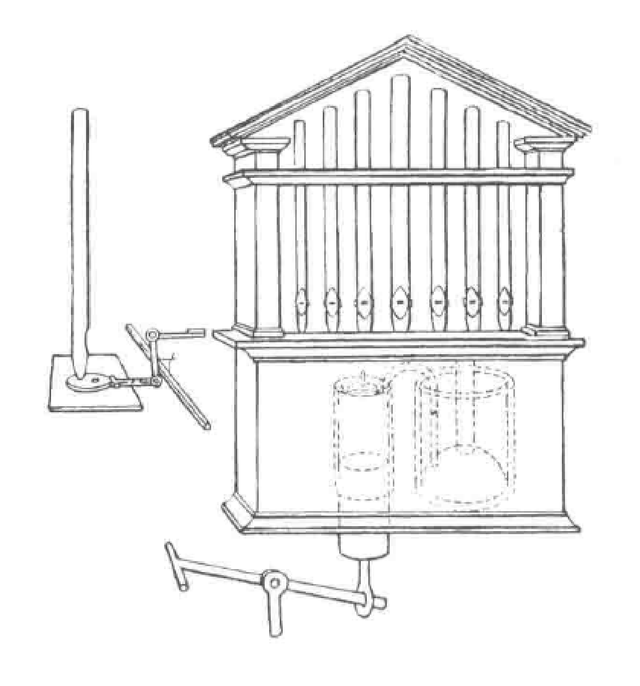


图 573　希罗的水力风琴——源于克特西比乌斯的发明。手工操作的活塞泵将水压入右侧部分，空气通过左侧的调节阀进入到各个管道中。

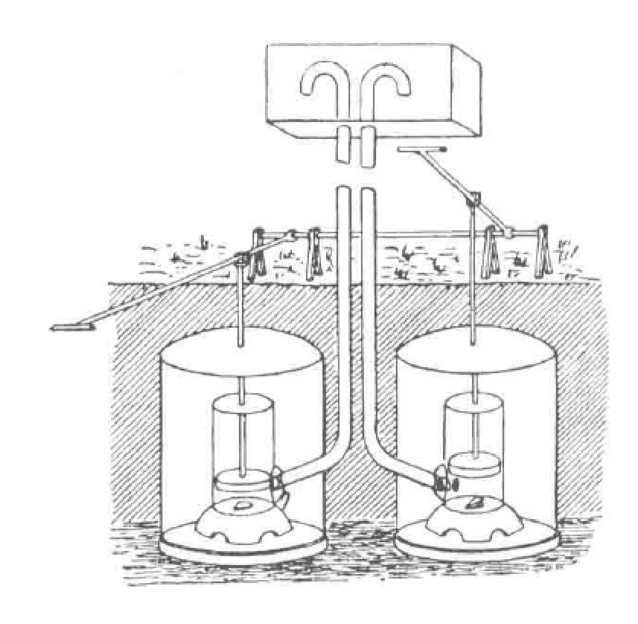


图 574　菲洛的综合抽水、压水泵，带有入口阀和出口阀。

634　是，从这种初期装置到制成有气缸和活塞的金属泵意味着巨大的进步。实际上，这样的泵尽管在古代就经过了实际验证（图 574），却没有经常被提及，也没有发现实物，即使在中世纪也不常见。直到特定运动的转变问题得到解决之前，气缸和活塞一直无法在水泵中得到有效而广泛的使用。

因为压水泵和抽水泵必须同进口阀和出口阀相配合，古代的机械技能又无法加工出今天使用的经过改进的阀门，那时的工匠便只能局限于采用有些独创性的权宜之计。他们使用皮革弯管，就像后来帕潘（Papin，1647—1712）采用的那种，但最常见的方法是在泵的气缸底部的 4 个销子中安装一个可以滑动的小金属盘。销子的头部被压扁了，以防止金属盘滑脱。气缸中的压力使得金属片堵住进水口并实现密封，当压力消失时，金属片沿销子返回，让水自由进入。

克特西比乌斯之后，最著名的机械技师是亚历山大的希罗（见注释，边码 708），他的许多作品都被保存下来。像他的前辈一样，希罗致力于研究与机械相联系的理论问题。他继续了阿基米德的工

作，研究重心理论、平衡的一般理论和条件，以及 5 种简单机械的运动（边码 629、边码 660），并将这些理论简化为杠杆原理和转动原理，或者是这两种原理的结合。他记录了轮轴结合给机械带来的好处，特别是齿轮和传动装置。他讨论了许多阿基米德提出的问题，例如涉及在一定作用力下移动一定重量的齿轮和其他装置问题，并且提出了最简单的解决方案。

在阿巴斯王朝的哈里发艾哈迈德·伊本·穆塔西姆（Ahmad ibn Mu'tasim，833—842）的命令下，希罗关于这些主题的论文被译成阿拉伯文。希罗的其他著作涉及战争工具、时钟、压气机和螺旋的加工（图 572），其中一本介绍了自动装置。这些装置有的单独工作，有的因戏剧而组合起来（图 573、图 556）。关于这些自动装置的说明是很有趣的，它第一次介绍了某些构件——正是这些构件形成了以后机械学的基础，其中有曲柄、凸轮轴和带配重的旋转系统（图 575）。此外，希罗的一些机械装置还涉及真空原理和水的不可压缩性（图 576）。

我们有理由相信希罗对以后的实践者有重大的影响。例如，戏剧演出中的自动操作在希腊和罗马帝国广泛传播。现存大量的希罗著作在中世纪的抄本，显示了他的著作的普及程度。有迹象表明，这些保存下来的版本都是实用的版本，包含理论论文的手稿已经绝迹了。希罗的许多设想被阿拉伯人所采用，充满生气的自动装

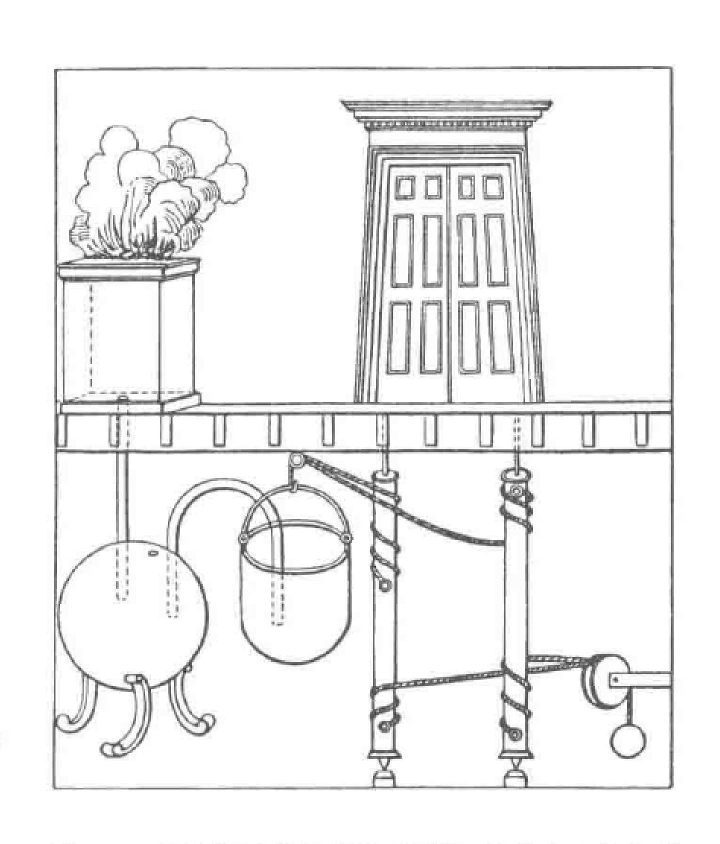


图 575　希罗的打开寺庙门的装置，当祭台上的火点燃时，祭台上的膨胀的热气体将水从容器中压到水桶内，水桶下降，通过绳索带动门轴转动，打开大门。

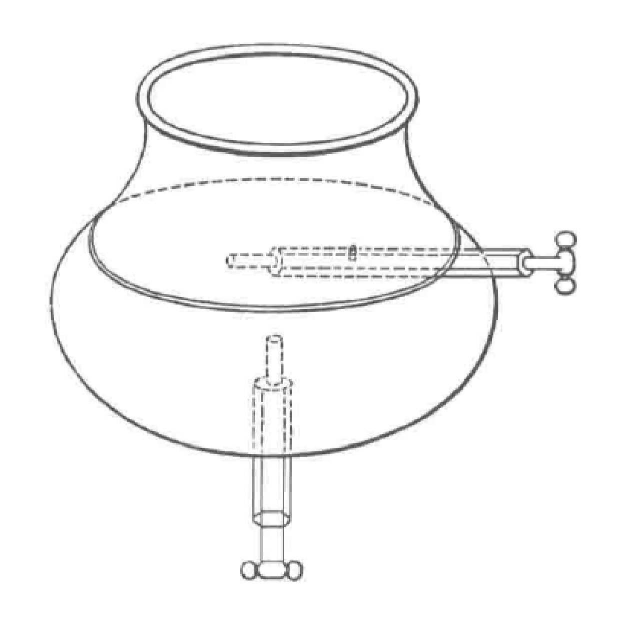


图 576　希罗应用注射器原理的放血用的火罐瓶。

置制作者行会在阿拉伯世界一直持续到 16 世纪。

在众多机械概念的使用者中，希罗只是其中一个。绝大多数人是战争工具的制造者，例如拜占庭的菲洛（约公元前 200 年，图 639—641）、阿波罗多罗斯（2 世纪）和罗马的韦格提乌斯（约 383—约 450），维特鲁威（主要活跃于约公元前 27—公元 14）也是杰出的机械制造者。亚历山大学派又持续了 4 个世纪。帕普斯（Pappus，约 300 年）是学派后期成员之一，也是传动装置计算研究的作者，提出了在斜面上拖动给定重量所需力的相关知识。可以认为现代机器的实践起源于亚历山大城，因为亚历山大学派代表了一种转变，从仅仅包括杠杆初级结合的简单机械装置，到可以用"机械"相称的更加复杂的设备的转变。

18.3　罗马的机械

罗马人尽管很少在机械领域显示出发明天分，却致力于完善继承的某些技术。在他们的控制之下，在公元纪年起始的几个世纪，机械经历了相当大的发展，日积月累形成了机械革命。这次进步的主要因素是旋转运动的广泛应用，例如磨房的水车和踏车（图 540、图 541、图 578、图 603）。为了更广泛地应用旋转运动，必须改进器械，这些改进肯定是渐渐完成的，改进后的器械则直到今天还在使用。

除了运输工具之外，早期旋转运动最引人关注的例子就是谷物的磨粉。直到公元前 1 世纪，谷物一直是由辊子和磨盘两种装置磨碎的，普通的石头辊子是最原始的工具（第 I 卷，图 176），用手旋转或用古

怪的手柄旋转的石头磨盘是更复杂的装置（图 75）。在公元前 1 世纪出现了罗马式的中空沙漏形状的磨石（图 76—78），可以用手驱动，也可以把踏车安装在磨石上面，后者很快就实现了。在中世纪，磨石得到了相当大的改善，变成了现在的样子。

水磨是最早期工具中的一种，起源还不是很清楚，文献很少并且不充分，早期的古代遗迹已经不存在（边码 593 起）。在西欧，所有描述水磨的词语都源自希腊语，显示着这项发明源自地中海东部地区。它可能是和踏车在同一时期发明的。

637

另一个在地中海地区广泛使用的工具是橄榄油的压榨工具，它同样也转变成旋转式的机械装置。最初，橄榄和葡萄的压榨工具（图 81）没有区别，都使用了杠杆原理。后来，人们为榨出橄榄油，设计出了可以在圆盆边沿滚动的大圆石头（图 80），安装在一个沿轴中心旋转的轴上，并可以和外部的踏车连接。在欧洲，一般用水磨取代踏车。如今，这种压榨工具仍在整个非洲北部使用。在诺曼底，人们用它来压碎苹果，制成苹果酒，在别处则用来磨碎谷物。

踏车的第三种用途是抽水（边码 603）。在埃及，桔槔（第 I 卷，图 344—347）和后来的阿基米德螺旋（图 617—619）很长时间都被用来抽水，那里的水必须从很深的井中提取出来——例如从矿井里。在应用旋转运动的新式机械中希腊人和罗马人使用了绳子、滑轮和水桶（图 616、图 2），它们由地面上的鼓轮控制，由踏车带动滑轮组来驱动。因此，建造动力大的机器为灌溉沟渠网络供水成为了可能。在这些公共服务的伟大

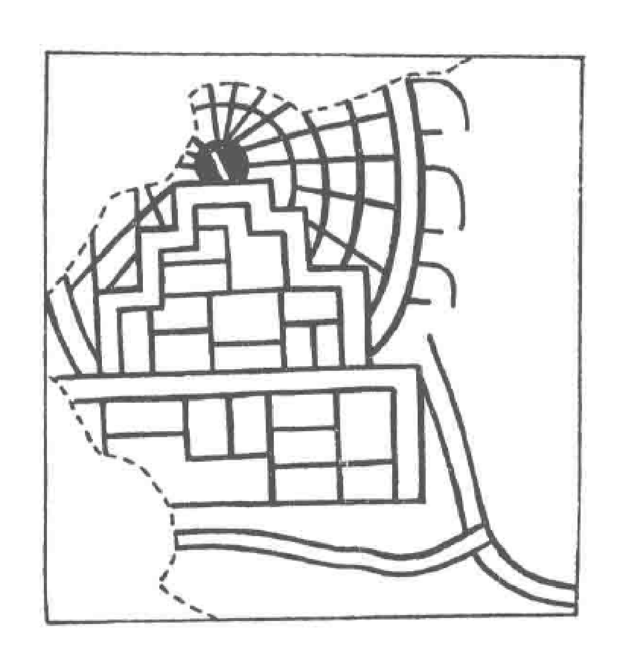


图 577　马赛克上的罗马抽水车图案，发现于阿帕梅亚。2 世纪。

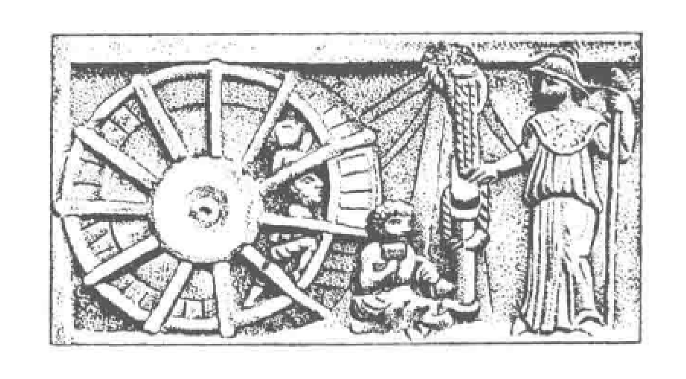


图 578 罗马的起重机。
用来抬起石块，由一个在鼠笼中的人操作。来自叙拉古的遗迹，1 世纪。

工程中，罗马人的天赋发挥得淋漓尽致。他们建造了宏伟的灌溉沟渠系统（边码 677 起），特别是在北非和西班牙。几个世纪后，这些灌溉系统被阿拉伯人修复并使用。阿拉伯人还重建了废弃的抽水装置，他们称之为 *nāūrah*，西方则称为戽车（边码 671）。

在古典的拉丁文学中，经常提及抽水车。土耳其阿帕梅亚的马赛克上的图案是它的最早表现形式之一（图 577），其中一些用类似于松鼠笼子样的装置来驱动。这种持续旋转的机械在帝国分布很广泛，但它并不是罗马人的天分在机械领域的唯一体现。用关在其中的人或动物的重力来转动的笼子，同样应用了杠杆原理。这种装置也被用来提升建筑材料（图 578、图 603），同样的原理应用在许多中世纪的起重机中（图版 38B），并且一直使用到了 19 世纪。应用这些原理，矿山建立了一系列的平台，每一个平台上都使用一个鼠笼型的抽水机（图 5）。

638

最早期的压榨机械只包括一个由重力下压的杠杆（图 81）。为增加机械的力量，杠杆臂就必须加长。在以后的实际应用中，施加在杠杆臂上的压力通过拴在臂上的绞盘上的绳子来提供（图 82、图 83）。接下来，为提供更大的力量，有时用螺杆代替绞盘（图 85—86）。拜占庭式的纺织品压力机和庞贝的榨油工具就是这种样式的，但更常用的是带有绞盘的压榨工具。

18.4 古代文明和机械化

在希腊—罗马世界的机械史中，有一个问题直到现在也没有弄清楚。古代作品——特别是文学作品——显示了对技术问题的蔑视，但

作为一个整体的社会却没有这种倾向。在法定文本，特别是在雅典的法定文本中，这些装置的重要地位证明了这一点，显示出熟练工人和技术劳动在现实中很受尊敬。

一般而言，古代人对于用机械来体现先进技术水平的态度，在一定程度上反映了一个时代的倾向。在柏拉图和亚里士多德时代，机械还没有发展到可以引起一系列社会问题的程度，绞盘、滑轮和弓形钻并不是能让人产生深刻印象的机械。希罗详细描述（边码 635）的剧院的自动装置，可能在他之前的几个世纪就已经存在了，虽然当时可能没有那么完美。或许是这些神秘而无法解释的几何运动，使得质朴的人们认为有一天机器有可能取代他们的工作，希罗描述的其中一个场景便是在一个海军造船厂中由木偶加工木材。如果在舞台上自动装置可以完成某项工作，那为什么不在现实中使用机械呢？

许多现代经济作家认为，充足、廉价的奴隶劳工削弱了改进机器的动力。亚里士多德（卒于公元前 322 年）在他的著作《政治学》（*Politics*）的开头中说，如果运输工具和锄头可以自动运行的话，奴隶就会变得过剩，但他并不认为奴隶制度会阻碍运输工具和锄头的机械改进。在讨论奴隶社会时，难道我们不应该从总体上去考虑人力劳动吗？把奴隶制度的消亡归因于从车轭到马颈圈的改变使畜力更加经济的争论，无法令人信服。在古典时期的遗迹中，人力牵引只用在特别沉重的负载上而不用在一般的运输中。在中世纪和后来很长一段时间，人们主要用驮畜来进行运输。交通系统本身得到改善以前（第 14 章），即使是使用马颈圈的长距离运输，路线也一直不很合理。

639

毫无疑问，人们对奴隶制度的经济条件研究得太少了。但是，在一定程度上为减少劳动者的数量而实行机械化，确实是工业研究关注的核心问题之一。我们可以不考虑在 1—3 世纪中出现的生产武器或其他军需用品的大规模作坊，因为它们是军队需求的反映，与技术和

经济的变化无关。然而，其他真正的工业化工场也采用了以上提到的进步技术。在阿尔勒附近的巴格贝格尔，出土文物显示了16个制造作坊分布在8个对称的场地（图546）。这个重要的制造基地和由戴克里先（284—305）和君士坦丁（311—337）倡导的改革带来的经济革命有关。由政府来控制的分配和工业生产体系，取代了罗马帝国早期的家庭经济和自由劳动系统。

在罗马帝国后期，巴尔贝格尔附近的其他大工场就为人所知。在北非，有比较大的生产橄榄油的工场。在突尼斯的杰马勒，有一个装备有大量压榨工具的工场遗迹，它很明显是以工业化规模进行生产的。在阿尔及利亚，希尔拜阿古的油料工场包括了21个压榨平台。不仅这些工场构成的整个体系是为大规模生产设计的，而且在工场的周围出现了一个城镇。阿尔及利亚的比尔萨贡的油料工场，也是这种情况。

在罗马的所有城镇中，众多不那么重要的企业体现了因机械化引起的意义深远的经济变革。在庞贝（图77）和奥斯蒂亚，仍然可以看到和北非的许多城市油料工场一样的工场遗迹，这显示出了半机械化时代的迹象。

18.5 中世纪早期

在罗马时期和中世纪之间，也就是在5—10世纪之间，外族入侵不利于发明和重工业的技术发展。动乱和蛮族入侵毁灭了工业都市中心，大型工场在骚乱中消失了。在非洲北部和西班牙，入侵和战争最终瓦解了罗马的灌溉工程，因为它们已经无法获得保障有效运行的最低限度的管理和控制。城市制造业的衰落，促进了乡村工业生产的发展。手工磨房取代了水磨房，它更适合于家庭个体。大型的榨油工场也消失了，取而代之的是私人小型榨油作坊。家庭生产既不需要先进的技术，也不需要大量的劳动力。但是，劳动力的分工却是先进的

640

机械化和由此带来的大批量生产的必要条件，特别是在中心城市。

从9—10世纪的文献中，可以了解到这些小型家庭作坊的一些情况。以货易货的现象显示，大多数工业产品由农夫在农闲季节制造出来。妇女用亚麻和羊毛纺线织布，男人们从矿石中炼铁，并用新生产的铁或重新锻造的旧铁制造耕种工具。谷物、麦芽和油用手工工具来加工，只需要非常简单的设备、少数廉价的工具以及少量的运输，即只需要在庄园中搬运未加工的原材料和已完成的产品。

10—12世纪，经济、人口和技术发生了巨大的改变。整个西欧的人口增长很快，并开始重新分布。城镇又一次建立起来，货币的流通增加了，金币又开始铸造，与东方的贸易收支出现盈余。重新聚集的资本开始在技术更先进的行业中投资，重要的投资人是大僧侣和意大利商人及银行家。乡村地区耕地的扩充显示了同样的变革，把人和出生地连在一起的农奴制逐渐消亡，城镇由此获得更多的劳动力。这种趋势是复杂的，但并没有因为政治和知识的变革而停止。

18.6 中世纪后期：运动的转换

中世纪的人几乎没有对从古代继承下来的机械进行根本性的改进，尽管他们将这种原始的机械化发展到了极致。如果对他们忽略了显而易见的技术改进感到惊讶，那么我们需要记住的是，中世纪同古代一样在机器建造中碰到同样重大的困难，那就是合适原材料的匮乏。大多数的机械仍用木材制造，然而木材的硬度太小，并且不抗磨损。

641

中世纪工匠用来切割和加工木材的工具也非常不合适，但在某种意义上，几种有价值的工具有必要重新介绍。刨子在古代就已经出现了(图206P)，不过显然逐渐变少或被人遗忘，尽管它在需要组装在一起的工作部件中是不可缺少的。似乎在12世纪，刨子重新出现，加兰的约翰(John of Garland)在1220年左右提到了它，12世纪末在巴塞罗那附近的赫罗纳和圣库加特，两件加泰罗尼亚的雕塑也描绘了它。

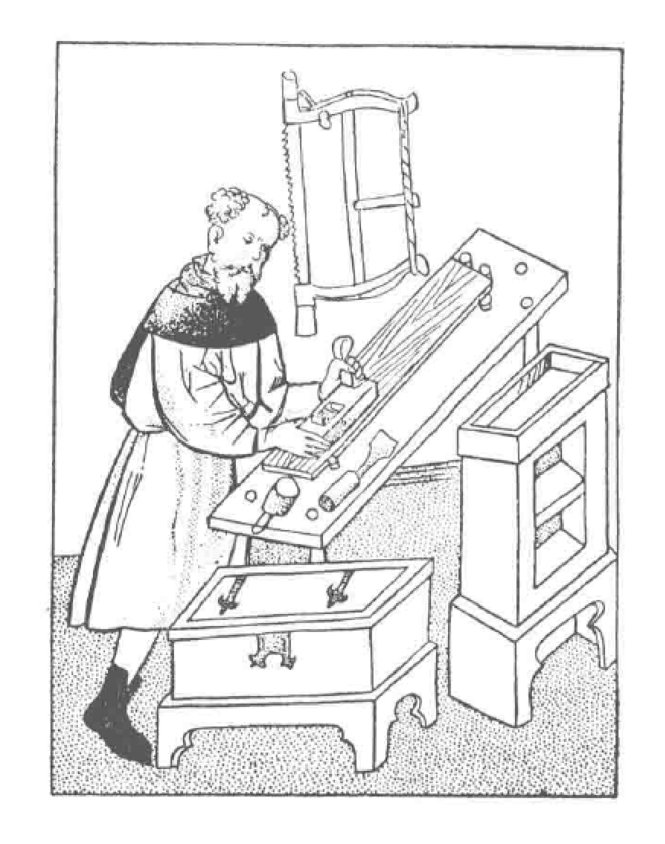


图 579　木匠正在使用刨子。图中还有凿子、框锯和成品。注意约束刨子的挡块，以及安装在刨子施力端的手柄，与现在用法一样。出自孟德尔（Mendel）的《兄弟之书》（*Brüderbuch*），纽伦堡。约 1404 年。

到了 13 世纪，刨子的出现已经确凿无疑，并且从这时起被详细地描绘出来（图 358、图 579）。中世纪钢加工技术的进步，无疑是要归功于工具的改善。

然而，直到中世纪结束，主要的机械设备都没有得到改善。建筑中的起重设备和古罗马遗迹中的一模一样，中世纪绘画中的踏车机械和罗马时期没有什么不同。除了华丽的天主教堂和少数几个巨大的公共建筑以外，中世纪规模宏伟的建筑无疑要比罗马时期少得多，没有巨大的引水沟渠，没有剧院，没有相当数量的重要桥梁。尽管中世纪后期的少数房子是用石头建造的（边码 446），但城市中的房子还是用木材在压实的地面上建造，不需要多少劳动力和机械。即使是在建造教堂的过程中，也很少用到脚手架，建筑物本身就提供或支撑了施工平台（图 347）。大多数时候，简单的绞盘和踏车加绞盘是表现建造房屋的绘图中唯一的机械装置（图 580），尽管旋臂起重机很早就出现了（图 600B）。

独轮手推车是中世纪一个便于搬运泥土的特殊工具，例如在挖掘地基时使用。它比装土的篮子更易于操作，虽然容积不会比篮子更大。一个人推独轮车行进的速度，显然会比抬着装相同重量泥土的篮子行进快很多，这是独轮车的主要优势。第一幅独轮车的图画出现在 13 世纪（图 580），但是很久以前就在中国使用（表格，边码 770），简洁的结构设计可能来自伊斯兰或者拜占庭。

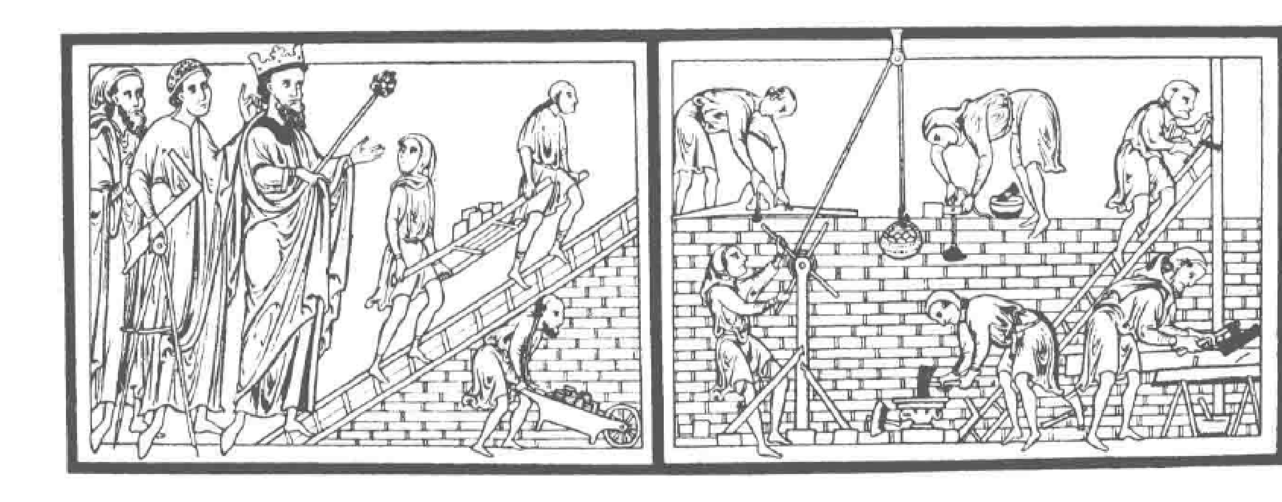


图 580　按部就班的建筑施工。(由左到右）建筑工头和皇家资助人；由坡道用搬运斗将石头抬到高处；独轮车；墙的垂直面；简单的起重机；工作中的石匠；在墙的一面测量垂直度；在脚手架柱子上用锥子钻孔。摘自 13 世纪中期的一部手稿。

643

机械化是以直接使用特定的动力为条件的。除了人力以外，古代人只掌握并使用踏车来提供连续不断的旋转运动。在中世纪广泛应用于磨制谷物的水力机械，就是与踏车相同的一种动力，踏车和水车可以直接与所有需要作连续旋转运动的机器连在一起。

至于那些铁锤和破碎机，则有可能使用到希罗（边码 635）介绍的凸轮轴。凸轮作用在锤子或破碎机的轴上，锤子或破碎机在自身重力

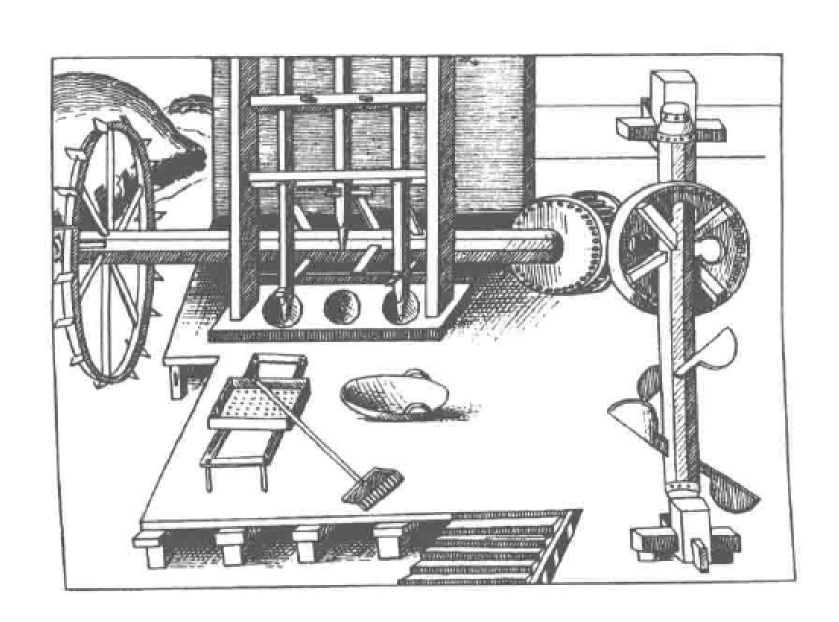


图 581　水力驱动的捣击机：沉重的捣锤由轴上的凸轮来抬起。约 1480 年。

的作用下再次下落（图 581）。在制革厂、造纸厂和漂洗机中，小铁锤或铜锤就是这样操作的（图 187、图 553）。后来，凸轮的原理同样应用在冶金业的风箱和重锤上（图 554、图 582）。在这个装置中，工具的重量足以产生完成工作的往复运动。此外，一个重平衡锤被用来操作投石机（图 583，边码 724）。

当工具的重量不能完成整个工作周期时，另一个问题就出现了。锯子就是这种情况，凸轮可以拉动它，但是还需要另一种力完成相反的运动。在中世纪，许多机器为此使用了弹簧的弹力。昂内孔的维拉德（主要活跃于约 1250 年）设计的机械锯中，返回运动由一个被锯子的前进冲程顶弯了的竿子带来的伸展力来推动（图 584）。弹簧机械经常用来将连续的旋转运动转化为往复运动，或者将往复运动转化为连续循环运动。

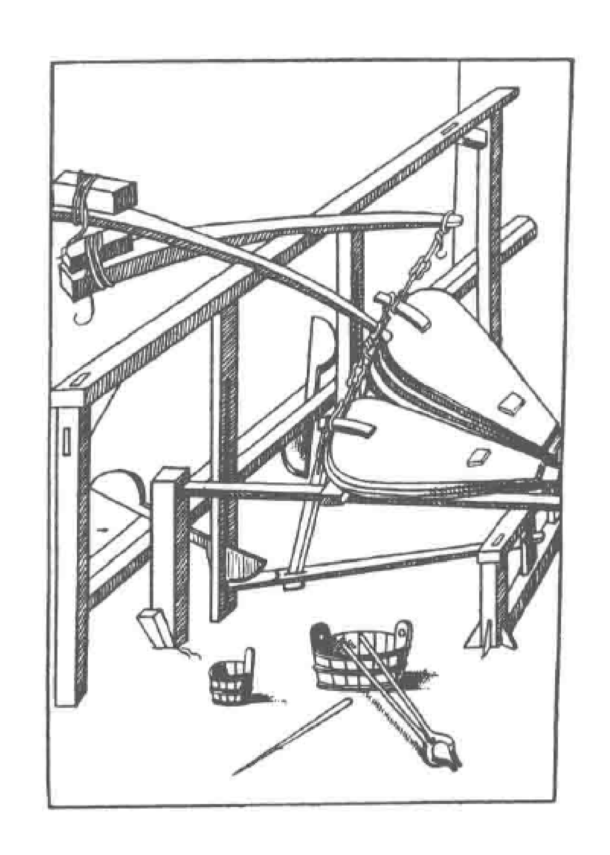


图 582　由凸轮操纵的鼓风机。平衡装置用来打开被凸轮压缩的风箱。约 1480 年。

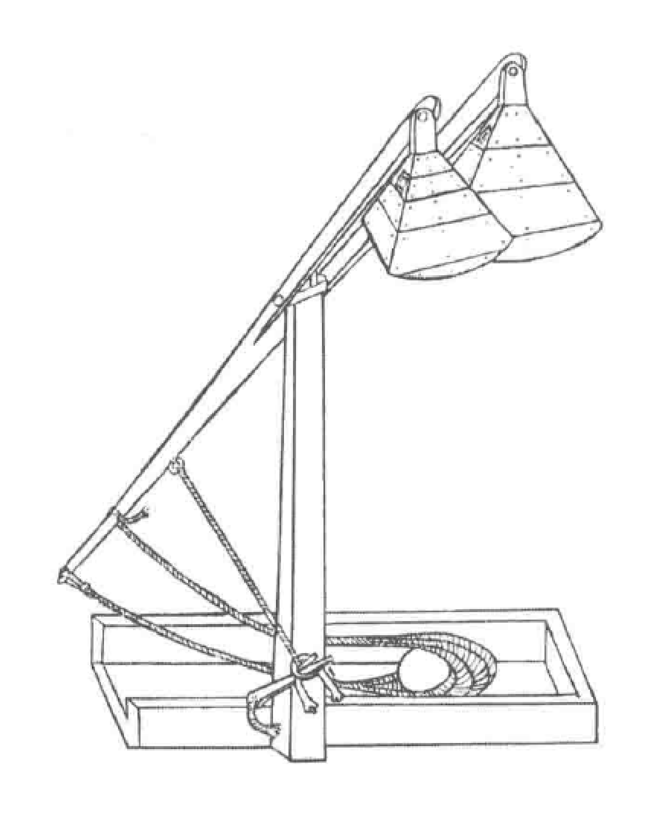
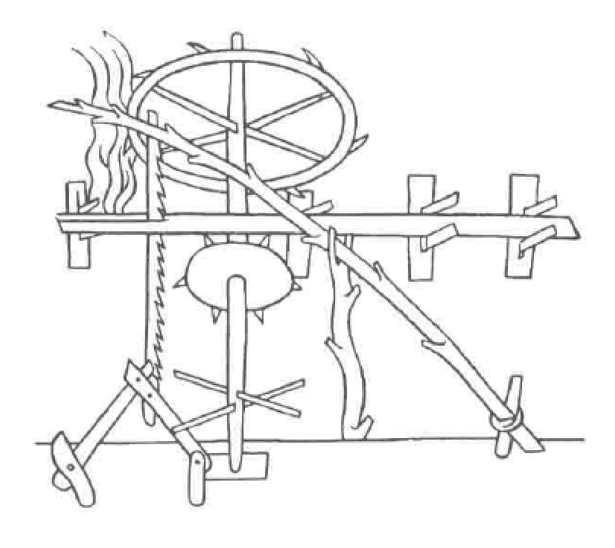


图 583　带有双平衡锤的投石机。注意侧面的发射装置。出自瓦尔图里奥，1478 年。
简单的投石机是由一组人用力拉下杠杆的短臂来操作的。

基于一个非常简单的原理，同样的构思应用在车削木头的车床。一条绳子缠绕在车床卡盘的轴上，绳子连接到一个踏板，踏板被踩动时带动卡盘旋转。为了正常工作，需要让卡盘连续旋转一段时间，然后反向旋转卡盘使得绳子重新缠绕，为下一次踏板的踏动作好准备。实现这样的反向旋转，最简单的方法就是将绳子的两端绑在两个交替操作的踏板上，不过两个踏板只能提供有限的运动幅度。用弹簧使车床的轴旋转复位是更流行的方式。弹簧可以是一个普通的竿子——例如维拉尔的锯子，或者是以各种方式事先准备好的松弛弓形装置。从 13 世纪的画中，我们可以看到所有这些装置（图 585、图 586）。



644

图 584　昂内孔的维拉德的水力锯草图。约 1250 年。



图 585　13 世纪沙特尔大教堂的彩色玻璃窗上显示的旋转运动。
其中包括两个旋转轴：由拴在踏板上的绳子来旋转，踏板可能由上端有弹性的杆来抬起。

小型机械和机器的小部件也有了一些改进，只是改进很微小。然而，新设备和设计却显示出中世纪的创造精神。这些发明中，最广为人知且最简单的就是手纺车（图 168、图 587）。纺纱最初用纺锤和拉线棒来完成，转变为使用手纺车的时间模糊不清，甚至第一台手纺车是什么时候出现的问题还在争论。它们的设计可能是在线轴的设计以后，因为线轴已经使用了很长时间。就像在 13 世纪的沙特尔一样，



图 586　在杆车床上车一个木碗。摘自一部 14 世纪法国的手稿。

许多彩色玻璃或者小画像上的手纺车实际上是绕线轴。在西方，提到手纺车的确切时间是 13 世纪上半叶，清楚地先后出现在施派尔（1280 年）和阿布维尔（1288 年）的布商行会（Drapers' Guild）条例中。手纺车即使是到了中世纪末也是稀罕的工具，并且一直保持着原始的构造——仅仅是一个安装在旋转轴上的纺锤，几乎没有增加其他任何东西。

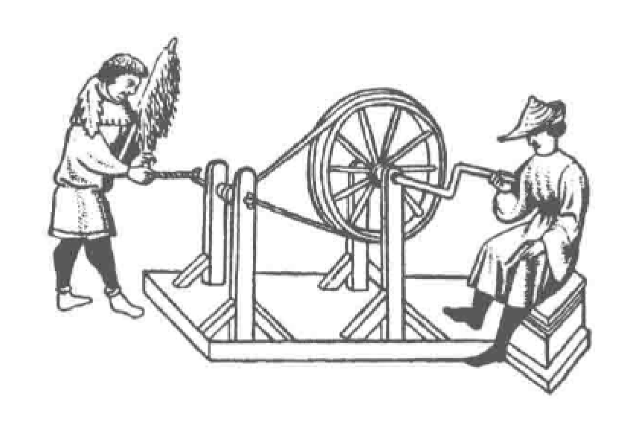


图 587　用于纺织编罗网用绳子的曲柄旋转机器。出自一部 15 世纪法国的手稿。

缠绕丝线的最后操作和用手纺车纺线非常相似。在工业中，机械化的最初出现应归功于这种实践（第 6 章）。13 世纪，意大利重要的机械进步表现在捻丝缠丝方面。这项工作必须在一定程度上由机械来完成，因为它是在水车——也被称为波伦亚水车——中进行的。很难确切地说清楚到底取得了什么进步，我们只是从晚近的作家那里——例如宗卡（1607 年）——了解到蚕丝纤维的缠绕方法。可以说，纺织本身几乎没有受到中世纪机械化进一步发展的影响。

中世纪使用的工具乏善可陈，因为从古代到 18 世纪就没有多少改变。但是，还是有一些专业化工具出现了（第 11 章）。

18.7　中世纪后期：动力的转换

除了运动的转换以外，另一个麻烦问题就是动力的转换。如何实

现力或速度的增大或减小，使它达到需要的程度？古代人留给了中世纪一个富有成效的奇妙工具——齿轮组。从帕普斯（约 300 年）时期起，人们就知道了计算齿轮组速率的方法，当然齿轮组主要用来提高旋转速度，相应的动力就要减小。

在特定设备的帮助下，中世纪已经能够对速度和力进行适当的控制。锻造用的水力锤就是一个很好的例子（图 554），通过调整为桨轮供水的水闸的开放宽度，第一次对锤子的打击力量作出了校准。这种操作受到水闸最大流量的限制，如果操作者对水的源头无法控制，操作便无用处了。一个附加的系统投入了使用，就是在驱动轴上用楔子安装一种环形物——它上面安装了原来装在锤轴上的凸轮。每一个锤子上可以安装各种带有不同数目凸轮的环状物，我们只需要改变装在锤轴上的环状物就可以得到不同的打击力量。这比较容易实现，因为环状物不是固定在驱动轴上的，而是用楔子安装上的。

646

要发明增加动力降低速度的设备就更加困难了。最初的这种设备是直接将杠杆原理应用在绞盘上，通过增加辘轳上杠杆臂的相对长度来实现，用来抬起大石块（图 588）。在水平绞盘的周围刻上凹槽，里面安装防止倒转的棘齿，绞盘由装在枢轴上并压在这些凹槽内且与之啮合的杠杆来转动。当杠杆反向运动时，它能向后滑到准备好的凹槽中的棘齿里。操作者可以将他的体重都压在杠杆上，甚至用双手拉着梯子来帮助操控。另一个棘齿可以防止绞盘放松。有时，用一块厚木板将两个杠杆臂的末端连在一起，木板上可容纳几个人，这在很大程度上增加了有效动力。

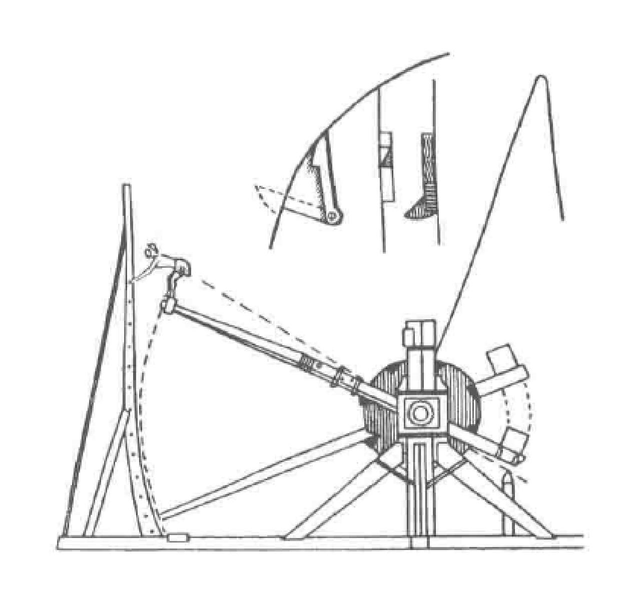


图 588　运用摆动杆和棘齿举起重物的中世纪绞盘的复制品。

647

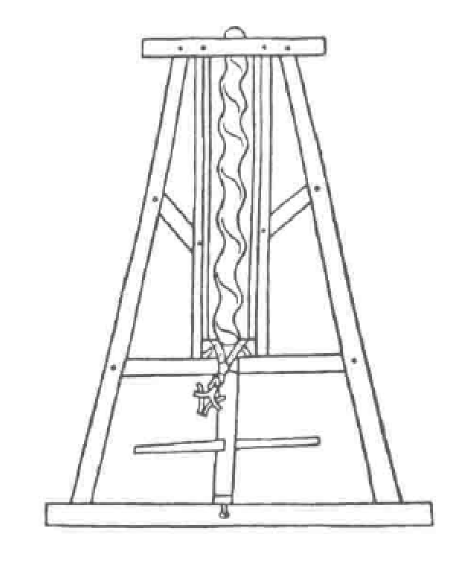


图 589 昂内孔的维拉德的螺旋千斤顶的草图。约 1250 年。

古代滑轮组发明之后，人们就知道用滑轮来增大力量(边码 658)，但滑轮在中世纪只有简单的应用。用螺旋来降低速度的方法可能是中世纪的一项发明，最早的记载是在僧侣热尔韦(Gervais)的编年史中(约 1200 年)，提到了如何使用抬起重物的螺旋。在 19 世纪，昂内孔的维拉德描绘了可以抬起特别重的物体的螺旋式起重机(图 589)。他对于如此力量的惊讶表明，这种机器在当时并不常见，并且他也只是刚知道。

有了螺旋式起重机和棘齿，就可以用杠杆支架和齿轮或其他方法组成多种手动绞盘。通过多次小幅度重复运动，这些设备就可以抬起非常重的物体。我们没有早于 15 世纪的小手动绞盘的图片(图 349)，但是自那时以后，它就被广泛地应用于弯制十字弓(图 655C)。

减速齿轮同样应用在榨汁中。在中世纪，螺旋压榨工具几乎完全取代了绞盘压榨设备，螺旋安装在一个通常有 10 多米长的杠杆的末端(图 84)。13 世纪勃艮第公爵(Dukes of Burgundy)在武若和舍诺夫葡萄园的压榨设备，是现存著名的实物。虽然雕刻螺线需要相当的技巧，维拉尔没有说明是怎么雕刻的，螺旋压榨设备在法国南部却很早就标准化了。

上述例子表明，转换运动和力量问题的解决方法已经可以满足当时的实际需要。在中世纪，用巨大石块构建的罗马式建筑几乎没有人尝试，值得注意的几个例外包括在约讷省韦兹莱的高台和朗格勒的天主教堂中的高耸石柱。

水力在中世纪得到了很好的使用，人们无疑会考虑到自己磨坊的轮子比邻居家的转得快还是慢。到了 14 世纪，为适应水流的不同，

有3种不同形式的桨轮在使用，分别是下射式水轮、上射式水轮和水平式水轮。一些水轮安装在船上，以便利用河道中央的快速水流，这些无疑是下射式水轮(第17章)。很难判断是否尝试过倾斜一下桨面以取得更高的效率，这一时期的绘画作品还没有细腻到可以确切地显示这一点。

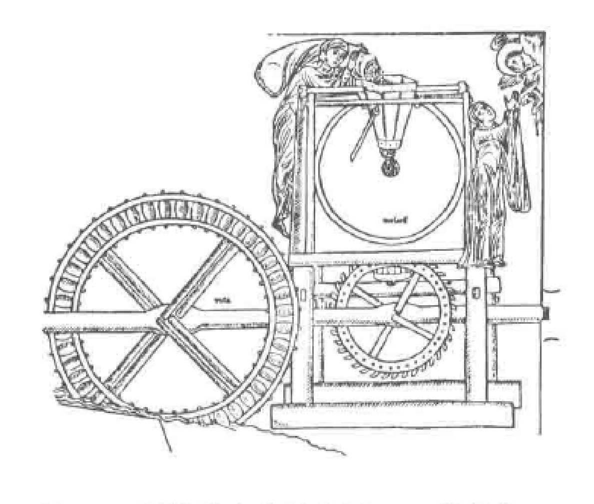


图590 制粉机内部结构图，12世纪的一个女修道院长为给修女们讲解而画的草图。粗轴上的水轮驱动主齿轮，并通过小轮和小轮轴驱动上面的磨石。

为改善机器的性能，人们肯定做了一些试验性的工作，例如在达·芬奇的笔记中就有许多相关线索。他研究了磨轮的位置、桨的形状和与水流的夹角等问题。了解水力涡轮原理，这个由希罗在古代发明的概念已经被遗忘了。一种特殊的水车房是潮汐水车，它最古老的实例是征服者威廉时代在多佛尔建造的。在威尼斯，也有一个差不多同一历史时期的潮汐水车。在1120—1125年的巴约讷，也有关于其他水车的文字证据。

648

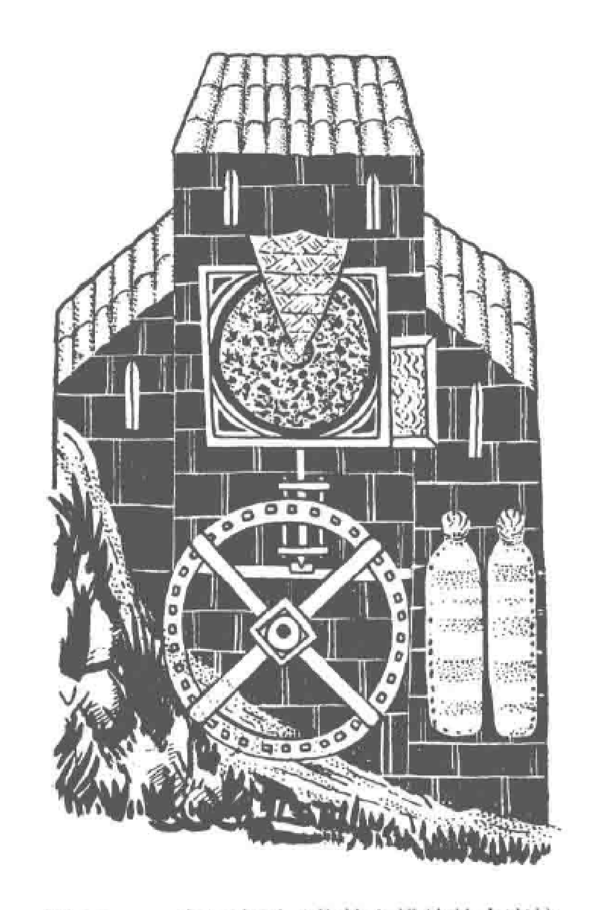


图591 一个西班牙圣物箱上描绘的水磨坊。13世纪后半叶。

磨坊内部的机械装置——齿轮、传动轴和变速箱——经过了多个世纪也没有发生变化(图590、图591)。11世纪新的图画显示了这些长寿设备及其特征，他们被搁在一个由铅包裹的木头轴承上的主轴，由一条铁制的皮带固定。在风车中，主轴由很粗的木料构成，大齿轮

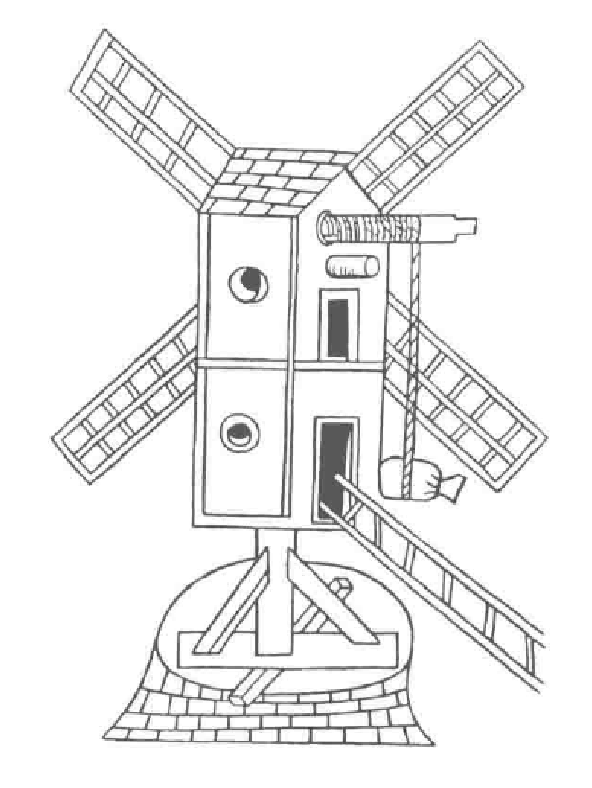


图 592　带有滚筒装置和辅助驱动设备的单柱风车。谷物袋可以从地面抬起。磨坊的风车是由 4 个木制的框架组成的，上面覆盖着布。出自一部 15 世纪德国的手稿（另见边码 623 和图 561—563）。

649

的每一个齿也都由单独的大块木料构成，小齿轮和梯级齿轮也是木头的。由于几乎没有使用到金属，各种部件特别是齿轮坏得很快。显然，达·芬奇研究了不同啮合角度对齿轮的影响。

中世纪的特征更多地表现为以磨坊为主的一小部分机械的发展，而不是机械化的全面进步（图 592）。当时，实现全面的机械化会遇到相当多的社会障碍和技术困难。然而，中世纪取得的进步是不容忽视的，它在古代世界的机械基础上产生了令人瞩目的变化。

有许多因素阻碍着机械化的发展，其中一些因素现在还在起作用。首先是守旧传统对新设备简单的抵制，以及不让新机械进入沿用老工具和老方法的地区的做法，加固了传统的桎梏。对于接受技术的进步，被统治的民众、受压迫的阶级和少数民族以前不愿意，现在同样不愿意。另一种传统的表现是对新工具和用新方法生产出的产品的蔑视，例如 1288 年阿布维尔的纺织工人和以后几个世纪许多布商行会都拒绝接受用纺车纺出的丝线。布商行会最终作出让步，接受用纺车纺的线，但只能作为经线使用。还有一个类似的例子是对由磨坊漂洗的布匹的拒绝。在北方，生产布匹的城市从一开始就以布匹的质量为理由加以禁止。在其他地方，对磨坊漂洗的禁令是后来才有的，例如 1292 年在布卢瓦，1403 年在诺让勒鲁瓦，1444 年在沙特尔。

另一方面，新机器常常因为受制于垄断或者被迫接受额外的税金

而招致反对。新磨坊要建在封建庄园内，其领主的权利通常都受到很好的保护，其他许多面粉磨坊、炼铁作坊、大麦磨坊、制革作坊和漂洗作坊也一样，这会给使用新装置的人增加负担。为避免额外的赋税，人们保留着他们以前的工具和设备，可能还带有继承了他们父辈作业方式的内心满足。

18.8 修道院和机械化

可能除了野蛮人入侵后的一小段时间以外，庄园体系从来没有企图实现完全的自给自足。然而，有一类重要的生产团体喜欢机械化，修道院就是其中之一，特别是西多会的修道院。这些修道院是中世纪唯一能经济上自给自足的群体，在机械的发展中扮演着重要的角色，特别是对各种水车的应用。

650

无论是在理论上还是在实际中，每一个修道院都自己生产所需要的一切。为不占用忏悔和祈祷的时间，修道院规避非必要的劳动，修道士手中的工作都尽可能地机械化了。为此，西多会规章规定修道院要建立在河流旁边，以便利用水流作为动力。对于法国克莱尔沃修道院的描述，可以让我们对于这种机械化有一定的认识：

河水通过像是拦水闸的院墙流入修道院中，先涌入谷物磨坊，有力地推动水轮磨碎谷物，推动筛子将面粉和麸皮分离。接着，河水流入下一个建筑，注满锅炉，加热后用来制造僧侣们饮用的啤酒（如果酒商用修道院葡萄酿的葡萄酒不够喝的话)。但是，河流还没有完成它的全部工作，通过谷物磨坊后又流入到漂洗坊中。它在磨坊中已经为兄弟们准备了食物，现在的职责是清洁他们的衣服。在这里，河流没有停止，也没有拒绝继续完成工作。它交替地抬起、放下沉重的锤子和棒槌，更准确地说，是漂洗作坊中的木锤。它以很高的速度流动，带动所有的轮子飞快地转动，河水布满泡沫就好像它本身被磨制

了一样。现在，河水流入了制革作坊，在这里它付出了爱和劳力，为僧侣们准备制作鞋子所需的原料。然后，它分成许多支流，在匆忙的旅程中流过各种各样的建筑，在每一个地方寻找需要它提供帮助的人们。无论什么工作，不管是做饭、喷灌、压碎、洒水或者是磨粉，河水都提供帮助，从不拒绝。在赢得交口称赞并完成所有的工作以后，它带走了废物，留下了一片清洁[1]。

大多数早期的修道院都有这样一套用途广泛的水利系统。其中的一些水力设施都集中在一个工场中，例如在巴黎附近罗亚蒙特的法国修道院。那里的作坊建在河流上面，河水经过一个 32 米长、2.35 米宽的高渠流过建筑物的中心。为修道院提供所需原料的工场，例如制粉、制革、漂洗和冶铁作坊，坐落在渠道两边。同样在巴黎附近的沃德塞尔奈修道院，也有相似的工作场地。在勃艮第的丰特奈修道院，至今还保留着建于 12 世纪末的工场，这座巨大建筑物 53 米长、13.5 米宽，有 4 个房间，锻造作坊在第二个房间。河流在建筑物的旁边流过，谷物磨坊在建筑物的最后，矗立在河上。

651

许多其他的西多会修道院都有相似的建筑物，工作所需的所有设备都集中在一起。在 12 世纪约克郡的喷泉修道院，一条地下河流经一系列水道，向一个酿酒工场、一个谷物磨坊和各类工场供水。在法国利穆赞地区也有一些私人工场，马特雷磨坊就是其中的一个，加工谷物、大麻和制革。在同一地区，还有一个单独的磨坊处理面粉磨制、布匹漂洗和制革等。

18.9 现代机械的首次出现

第一次中世纪技术革命发生在 12 世纪和 13 世纪，14 世纪则是技术的适应时期 (1338—1453)。在英格兰和法国，损失惨重的百年战争和黑死病 (1348—1350) 极大地减缓了技术的进步。在 15 世纪的后

半叶，技术进步重新出现并且更具活力。

技术进步的新阶段开始于远离漫长战争的地区。意大利北部、德国南部和莱茵河流域经历了非常迅速的文化革命（cultural evolution），在艺术、文学、科学和技术等方面掀起了一场文艺复兴运动。当时出现了第一批工程师，他们组织并培养了各方面的技术人员，这些技术人员既是建筑师、机械技师，又是军事工程师。

在写给米兰公爵（Duke of Milan）的信中，达·芬奇的自我描述非常符合对有造诣技师的全新定义。他说自己可以建造非常轻的桥梁，能够提供便利的交通，知道如何给护城河排水和建造云梯，也知道如何制造便于运输可以发射易燃物质的轻型加农炮。他会建造狭窄曲折的地下隧道，到达他人无法到达的地方，甚至可以到达河流的下方。他能制造大炮、迫击炮和与当时所使用的火器不同的其他火器，能用当时还没有的弹射器或其他发射武器代替它们。在建筑和沟渠建设方面，他可以与任何人媲美。

652

这位具有极高天赋的技师自然比他的前辈们前进了很多。他掌握了更多的科学知识，并对他从事的工具改进工作有着更多的理性思考。当时，机械进步需要的是对问题的全面解决方案。在原型系统和可实际运行的工具之间，必然存在着不属于5种简单机械（边码629）中任何一种的机械装置。此外，还有更普遍的问题，例如摩擦力、运动的变换和动力的减少和增加，还有原材料的压力、张力和众多机器的机械化问题。最重要的是，只有在科学采用了实验的方法以后，实实在在的科学问题才有可能解决。所有这些，达·芬奇都



图593 在由曲柄旋转的磨石上将剑磨锋利。出自《乌得勒支诗篇》，9世纪。

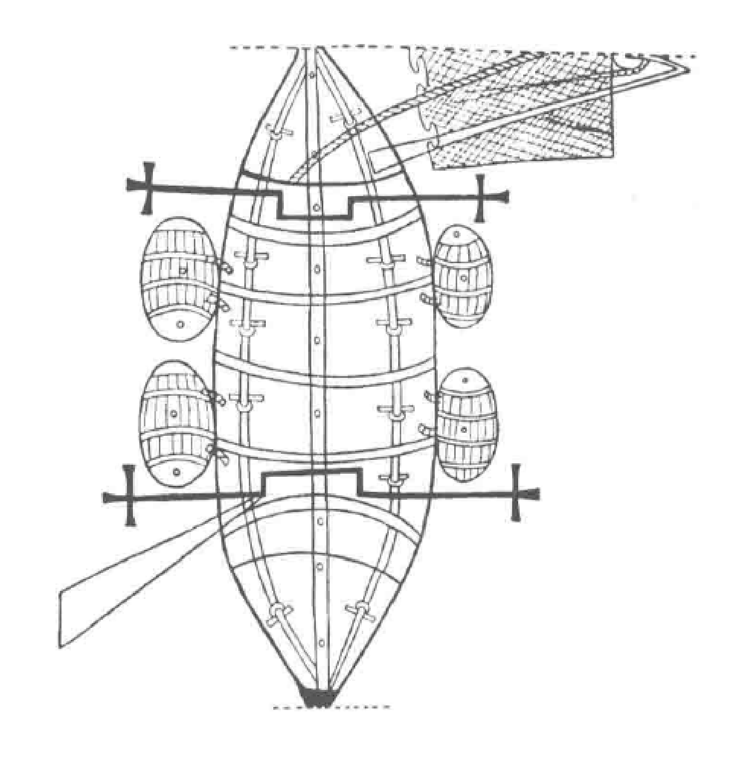


图 594　曲柄驱动的划桨船（带有浮力柜）。出自一部 1335 年的手稿。

在他的笔记中有所涉及。

在中世纪就要结束的时期，最重要的机械发明是曲柄和连杆，其中连杆更是以后许多发明的重要条件。在许多机器中都可以看到，连续的旋转运动被转化为往复运动，反之亦然。在中世纪，唯一可以有效完成这种转化的方法必须依靠弹簧（边码 644），但这种方法有很多的缺点。

653

组合曲柄和连杆的发明是受到了另外两种发明的启示。第 1 种是简单曲柄（图 593、图 594），它们在古代末期就已经存在，是将手柄和轮子垂直地连接在一起自然发展而成的。第 2 种是木匠的手摇钻，起源并不清楚（边码 230），在加兰的约翰的字典（13 世纪）中可能提到了它，但是第一幅图片资料出现在 1424 年（图 595）。另一个较早的例子出现在 15 世纪康平的作品中（图版 12）。

无疑，在很长一段时间内，如何安装活动附件的问题推迟了曲柄和连杆的出现。如果部件是木头的，摩擦就成为一个非常不利的因素。对这种系统最早的描述出现在一部慕尼黑 1421—1434 年（图 596、图 597）的德国手稿中。那是一座磨坊，可能用手或用脚驱动，主要部件好像是金属的。到了 19 世纪，这种磨坊还在德国南部使用。这部手稿的另一幅图画中展示了设计更完善的机器。在 15 世纪以前，曲柄和连杆的其他例子就非常少了。

654

达·芬奇对将连续旋转运动转化为往复运动的问题非常感兴趣，这很自然地想到了水泵，拟出了好几种解决方案。第 1 种是一个上面

刻有双螺旋凹槽的圆柱体，把一个与活塞杆连接的销子安装在凹槽中，轴带动圆柱体旋转，从而使销子进行往复运动。第2种设计虽然避开了上述难题，但并未实际解决它。一个飞轮带动着另一个与两个活塞杆连接的齿轮交替旋转，这里并没有运动的转化，只有原始的交替运动的传递。达·芬奇的第3个方案被16世纪所有的机械制造者采用。连续的旋转被传递到一个只有一半外缘有齿的圆盘上，这些齿与安装在一个单轴上的两个滚柱小齿轮[1]相啮合，单轴和这个外缘有齿的圆盘成直角。这两个小齿轮布置在圆盘直径的两端，使得圆盘上的齿与第一个齿轮啮合时，则带动它向某个方向旋转，而当圆盘上有齿的一半转过来与第二个小齿轮啮合时带动它向反方向旋转。两个齿轮所在的轴就这样交替着旋转，将这种运动转化为交替的直线运动就不困难了。达·芬奇的设计中还包括应用在锯子中真正的曲柄和连杆系统，但要想将这一系统应用于实际，还存在着极大的困难，因此，人们宁愿接受差一些但技术上简单的方法。在16世纪，这种使用半个齿轮的灵巧简单的解决方法得到了广泛应用。甚至到了17世纪和18世纪，人们都很少将曲柄和连杆组合起来使用。



图595　木匠的工具，包括手摇钻。1424年由弗兰克（Meister Francke）创作的《心怀十字架》(*Bearing the Cross*)的细节部分，是祭坛的一部分。

达·芬奇最具洞察力的想法是试图对基本的机械问题给出合理的解释。在他之前的技师中，没有一个人尝试做类似的工作。除了他在水车方面的研究外(边码648)，我们还可以举出其他的例子，但没有

1　一种由两个圆盘组成的小齿轮，这两个圆盘通过圆销连接在一起，圆销起着现代齿轮中齿的作用。

一个例子像他对齿轮组的研究那样有特点。他研究了齿轮和小齿轮啮合表面的角度与磨损和摩擦之间的关系，找到了一种可以减少摩擦和磨损的传动方法，发现了不规则传动的基本定律，这一定律在16世纪里被首次应用。

在矿业中，机械化显然已经取得了一定的进步（第1章）。阿格里科拉（边码16起）在1556年描述以前很久，由曲柄和连杆操作的泵肯定就已经存在了。轨道小车在15世纪末第一次出现（边码548）[2]。在15世纪，加工金属的机器得到了很大的改进，首先出现了增大炼炉容积的趋势，以节约矿石并提高可获得金属的数量。这时，靠天然通风已经不能提供足够的空气，巨大的风箱开始使用，并且很快就改由水轮和平衡锤来驱动（图582）。第一个装有水力驱动风箱的鼓风炉，可能出现在16世纪的列日地区或莱茵河岸（图36）。16世纪以前，鼓风炉没有进一步的大改进。

655

达·芬奇阐述了当时的许多金属加工工具，但它们是他发明的

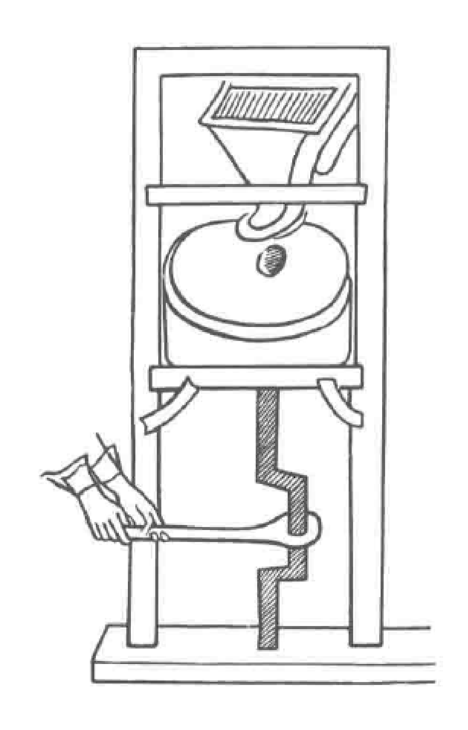


图596　由曲柄和连杆带动的手工磨，人力只需要做简单的往复运动。出自一部约1430年的手稿。

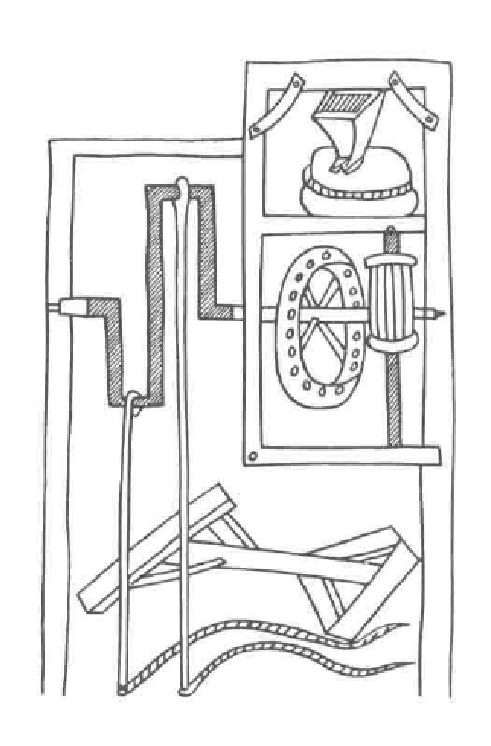


图597　由传动装置驱动的双向曲柄操作的制粉机。两个连杆很显然应该连接到一对踏板上，但是机器的这部分没有清晰地表现出来。出自一部约1430年的手稿。

还是早已存在的就不清楚了。将铁棒加工成指定截面形状的机器中，一种不怎么实用的方法是把可能是热的铁棒通过模板而制成。记载中，铁杆通常用水力驱动的螺旋来冷拔。在随后的几个世纪中，配备有轧机的钢厂可以更容易地生产出相同的产品。另一方面，这种方法已经被证实具有制造线材的价值，水力拉线设备15世纪末在德国南部就已出现。同一时期，在纽伦堡开始生产马口铁，这个行当需要能加工金属片的合适工具。达·芬奇最早设计的机器之一是螺纹切削机(图598)。

656

在15世纪的手稿中出现了许多镗孔工具，例如用水轮驱动的给木材打孔的机器(图599)。达·芬奇描述了一个与此类似但垂直放置的机器，它在城市供水工程恢复后的一段时期是很重要的，因为水管大多数是中空的树干。此外，人们还设计类似的机器来铰大炮的口径。

在纺织工业中，纺车的改进显示了15世纪发明者的灵气，织布也同样取得了一些进步。能织出各种织物的纺车，据说是15世纪由卡拉布里亚人约翰(John the Calabrian)发明的，它是对中国原始纺车的改进，更有利于织出异常美丽的丝制品。

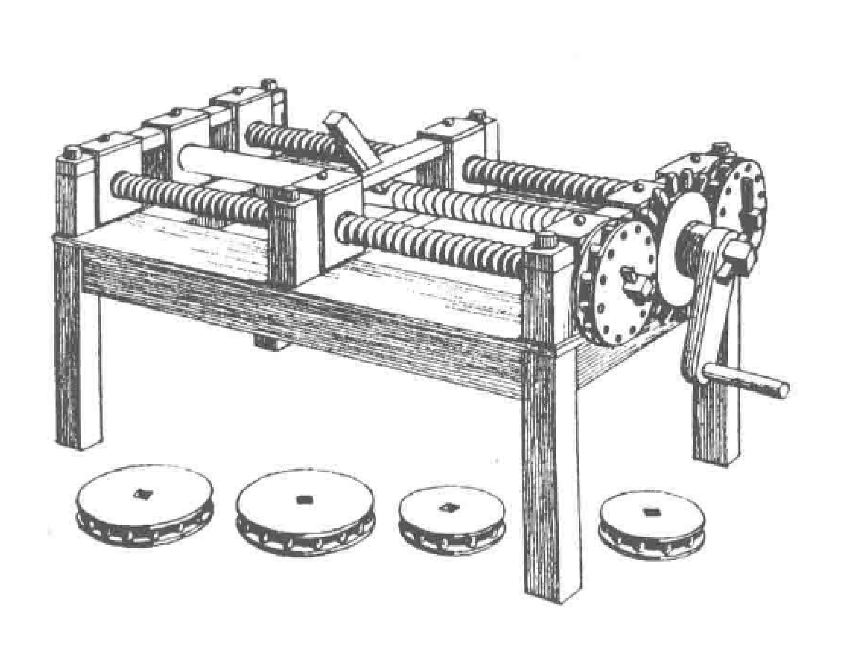


图598 达·芬奇的螺纹切削机。
需要加工的螺旋安置在中间，由曲柄带动。装有工具(中间部分)的车架由两个在传动装置上旋转的螺旋带动，两个螺旋由同一个曲柄驱动。改变齿轮的齿数比便可以改变刻在杆上的螺线斜率。出自南肯辛顿科学博物馆的一个模型。

海运业的扩展很大程度上源于地理上的伟大发现，但也带来了港口问题，特别是挖泥的工作量加大了。早在1435年，荷兰人就在米德尔堡建造了一条他们所称的“挖泥船”。它

657

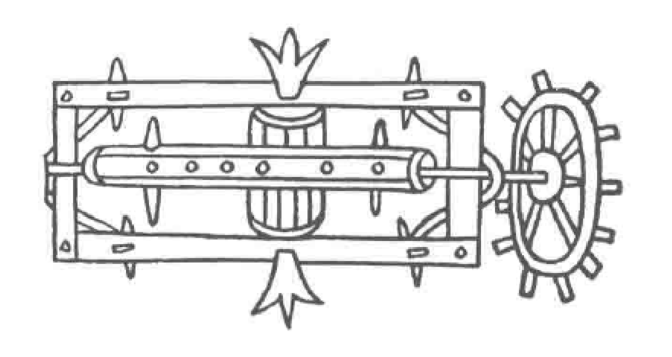


图 599　在树干上钻孔制作水管的机器。如图中所示，在装有切割刀具的轴上的轮子有可能是水轮。桶状的部分似乎用于在加工过程中将树干向前推进。摘自一部约 1430 年的手稿。

装备了一种巨大的耙子，可以弄松港口水道的底部，水流就可以带走淤泥和沙子。在许多地方，更原始的方法还在使用，例如在翁弗勒尔，港口水道的清理工作在春季潮汐时用犁和手推车完成。在其他时间，水在涨潮时被围在水坞里，接着在落潮时被泄放下来以冲刷掉港口的淤泥。

可移动闸门（图 625）的发明使得为内陆航运主动扩建运河成为可能。一些类型的闸门很早就出现了，并且在 1180 年应用到达默从布鲁日到大海的水道中。在 15 世纪，闸门得到了很大的改善。从那时起，闸门像现今那样被用来控制水通过闸口或阀门以及流入或流出闸门室。在 1440 年以前，米兰的维斯孔蒂（Filippo Visconti）就使用了这种系统。1481 年，威尼斯人在皮奥维戈也使用了它。1450 年，阿尔贝蒂（Alberti）在关于建筑的论文中对它进行了描述。

显而易见的是，15 世纪许多不同的领域都显示出卓有成效的机械化进展。保存至今的德国和意大利手稿证实了它们的作者经过了一系列的努力，试图解决在技术发展中遇到的各式各样的问题。他们经常将已经发明出的工具结合起来使用，以满足他们所处时代的需要。通过将阿基米德螺旋和风车相结合，1404 年在荷兰第一次提到了可以排水的工具（边码 689）。起重机改成了旋转式的（图 600），它的应用例子出现在 15 世纪和 16 世纪的绘画中，一直到 19 世纪中叶都是主要港口的起重设备。很重要的一点，达・芬奇甚至发明了能在似乎是木制轨道上移动的起重机（图 601）。

A B

图 600 （A）起重机的简单形式。（B）早期的回转起重机。均摘自一部约 1430 年的手稿。

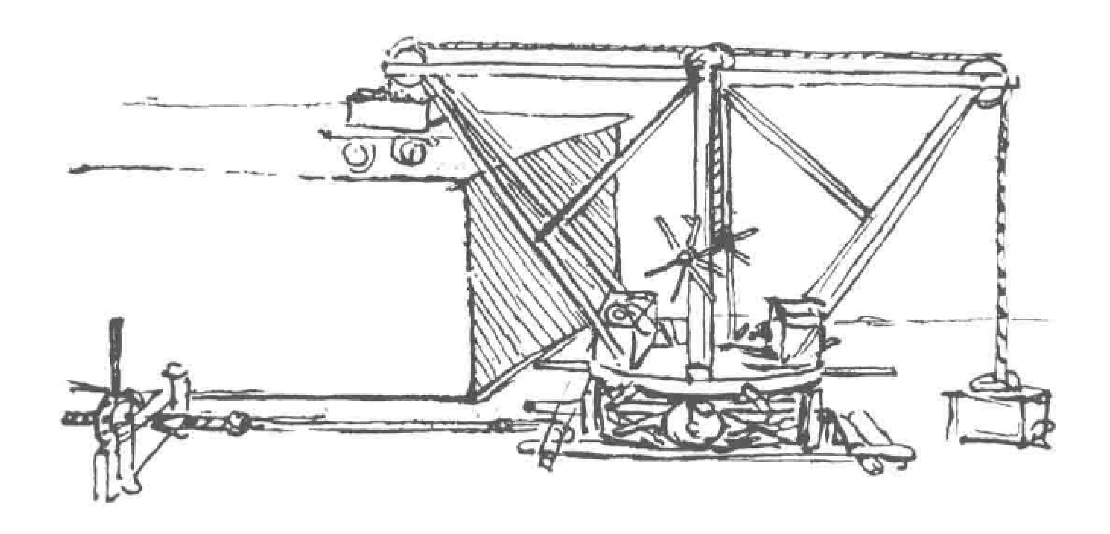


图 601 达·芬奇绘制的双回转起重机，设计用来抬起、运输大石块。左侧的绞盘很明显是用来拖动整部机器在它的基座上前移的。

相关文献

[1] *Bernardi Vita,* II, ch. 5, no. 31, in Migne, *Pat. lat.,* Vol. 185, cols. 570–2.

[2] Wolf, F. 'History of Science, Technology, and Philosophy in the Sixteenth and Seventeenth Centuries' (2nd ed.), p. 511, fig. 265. Allen and Unwin, London. 1950.

参考书目

古代：

Daremberg, C. V. and Saglio, E. (Eds). 'Dictionnaire des antiquités grecques et romaines. D' après les textes et les monuments' (5 Vols.). Hachette, Paris. 1873–1919.

Schuhl, P. M. 'Machinisme et philosophie.' Nouvelle encyclopédie philosophique, no. 16. Alcan, Paris. 1938.

中世纪：

Beck, T. 'Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues' (2nd enl. ed.). Springer, Berlin. 1900.

Feldhaus, F. M. 'Die Technik der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker.' Engelmann, Leipzig and Berlin. 1914.

Gille, B. "La naissance du système bielle-manivelle." *Tech. et Civil.,* 2 , 42–46, 1952.

Idem. "Léonard de Vinci et son temps." *Tech. et Civil.,* 2 , 69–84, 1952.

Idem. "Le machinisme au moyen âge." *Arch. int. Hist. Sci.,* no. 23/4, 281–86, 1953.

Idem. "Le moulin à eau." *Tech. et Civil.,* 3 , 1–15, 1954.

关于古代起重机的注释

A. G. 德拉克曼（A. G. DRACHMANN）

亚里士多德已经知道滑轮和绞盘，他在《机械》中写道："在建造建筑物时，他们很容易提升很重的物体，因为它们从一个滑轮移动到另一个，接着又移到绞盘和杠杆上，这同使用很多滑轮的效果是相同的。"[1]

如果不是几个作者直接描述阿基米德是三滑轮和复合滑轮的发明者，我们很可能怀疑他是否知道这种复合滑轮。众所周知，阿基米德用它来论证关于在干旱土地上拖拉载满重物的带有3个桅杆的船，并用带有非常长的螺旋的绞盘独自完成这项工作[2]。用这种连接方式，几乎可以得到无限的力量，这也让他声称，如果给他一个固定的支点，他就可以撬动地球[1]。在阿基米德的发明中，很多用来防御罗马对叙拉古的进攻（边码714）。这台强大的起重机非常有威力，敌人对它相当敬畏。它在阿基米德死后被废弃，三滑轮仍在各地使用，长螺旋却消失了。

维特鲁威对于提升重物有很多描述[3]。最普通的形式就是由两个坚固横梁组成的起重机，依靠被固定在桩基上的三四个支柱来定位，顶部用夹钳连接，在地面分开，很像现代的人字形起重架（图602），重物用三滑轮提起，绞盘装配有固定在臂上的轴承。我们不知道重物

659

1　然而，有些人猜想阿基米德指的是杠杆，如边码633所示。

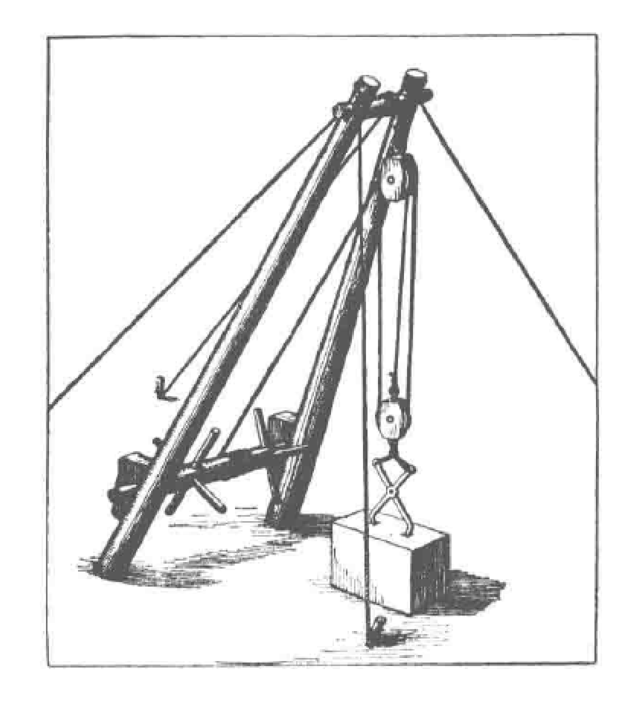


图 602　维特鲁威起重机的复原图。

在水平方向是如何移动的，两个臂的起重机依靠支柱仅能在一个水平面上移动，三滑轮可由5个槽轮的复合滑轮来取代。

如果要提升更重的重物，就不得不使用更重的起重机，它依靠自己的绞盘拉紧靠后的树桩上的绳索——绳索连着桩基和起重机顶端的滑轮组，将起重机竖起来。维特鲁威说，当绞盘转动时，“它会自己竖起来，没有任何危险”。但是他没有看到，只有当起重机稍微离开地面时才能被竖立起来。当起重机的顶部高于操作者的头部时，就会有危险。一旦搭建起来，必须用绳子和支柱将它系到桩基上才安全。

如果这种装配太重，就使用一种有齿轮的绞盘，代替起重机底部的绞盘，把鼓形的圆桶通过支柱安装到轮轴上。绳子的中段系在下面滑轮的圆环上，绳子的两端穿过上、下滑轮组（这需要花点时间），然后分别系到圆桶两边的轮轴上，缠绕在圆桶上的绳子连接到一个辘轳，当辘轳转动的时候，负载被“徐缓地、安全地”提升起来。另一种方法是将辘轳换成“更大的轮子”，安装在中间或者一端，负载靠“踏车者”更快地抬起来。

分别保存在拉特兰宫[4]和卡普阿博物馆[5]的两幅浮雕，告诉我们什么是“更大的轮子”和“踏车者”。拉特兰宫的浮雕中有一支单桅杆，由支柱支撑并有三滑轮或复合滑轮组，杆子的旁边是一个巨大踏车，有5个人在里面工作（图603）。卡普阿的浮雕中，踏车好像是和杆子分开的，只有两个人在其中操作（图578）。

维特鲁威声称还有其他的办法可以快速地抬起重物，但只有行家

才会操作。负载和杆子上面使用了3个滑轮组，3条绳子由3组人牵引着，为了防止事故发生，显然必须遵守纪律和命令。只有一个杆子在使用，维特鲁威说，这套工具是很有用的，因为它可以将负载任意地放在左右两侧。他注意到，所有这些工具不仅仅使用在建筑中，还应用在船舶的装载和卸载中，这里同样利用了靠螺栓摆动的水平横梁。此外，滑轮组还进一步用于在陆地上拖拉船只。

660

维特鲁威还讲述了一些解决特殊问题的独创方法。在运输以弗所的狄安娜神庙的巨大立柱柱身过程中，必须通过一段平地，这里土质太软，货车无法通行。因此，承建商凯尔辛普雷(Chersiphron)在柱子的两端钉上铁钉，构筑了足够长的、可以从一端到达另一端的框架，这样就可以用牛来拉动圆柱，像巨大的碾草坪机一样。

当问题涉及搬运柱头时，凯尔辛普雷的儿子梅塔吉恩(Metagenes)更前进了一步。他将柱头的方形端嵌入到12英尺高的轮子中，同样用牛来拖拉。后来，一个叫帕科尼乌斯(Paconius)的人试图用另一种方法来做同样的事情，结果白白浪费了金钱。他把一块12英尺 ×8英尺 ×16英尺的石块放在15英尺高的轮子上，不到一英尺的四周放置了两指粗的棍子，在棍子上缠着绳子，让牛来拉绳子，结果没有成功。这些不是移动重物的一般方法，维特鲁威只是把它们描述为聪明的发明。

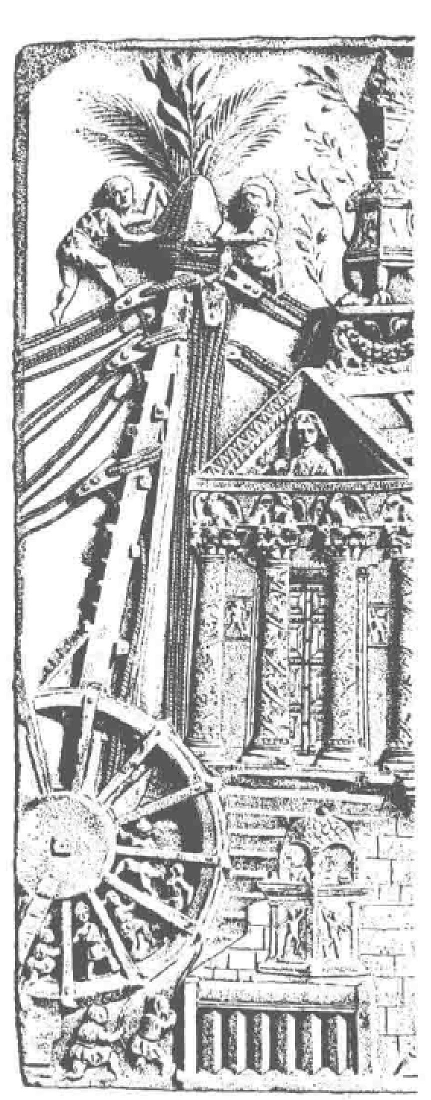


图603　公元100年，罗马陵墓纪念碑浮雕的一部分。可以看到用来建造纪念碑的巨大踏车中有5个人。复合滑轮和移动纪念碑用的杆子都显示得很清楚。

继生活在奥古斯都时代的维特鲁威

之后，我们就要提到希罗了，他大约生活在公元前70年。他在著作《机械学》[6]第2册中记述了5种“简单的工具”，分别是绞盘、杠杆、滑轮、楔子和螺旋，它们是将作用在较长距离的较小的力转化为作用在较短距离的较大的力的5种机械要素。希罗展示了如何用它们来举起重物。在《机械学》第3册中[7]，他给出了实际应用中的一些装置实例。我们知道，一部起重机可能有1根、2根、3根或者4根桅杆。单桅杆的起重机有一根坚固的横梁，比重物的起重高度稍高，垂直地安装在木制平台上，由三四根支柱固定。为了加固，将一条绳子在它上面缠绕很多圈——大约12圈，这些横梁也是要爬到桅杆上面的人的立足处。一幅图画中显示，这些线圈在桅杆上形成了单螺线——原文显示它就像鱼竿上的绳子一样。一个滑轮固定在桅杆的顶端，另一个固定在重物上，绳子用手或用与桅杆分离的绞盘拉动。当石头升到足够高时，就可松开一根支柱，使得桅杆可以向下倾斜直到将石头安放在墙上。如果倾斜的桅杆还够不到，就将石头安放在滚筒上用杠杆撬到指定位置。接下来，用与平台连接的绳子将桅杆牵引到另一个地点，以便举起另一块石头。支柱可以按照需求放松和拉紧。

661

如果起重机需要有两根桅杆，它们就会被安装在一种叫作槛的装置上，像阿拉伯文本一样，我们借用希腊文中的“槛”(threshold)一词。两根桅杆向内倾斜其高度的五分之一，顶端由一块木制件连接，上面固定着滑轮。它们的底部和槛固定在一起，绳索由人力或畜力来拉动，两根桅杆用支柱来支撑。

三桅杆起重机有3根支柱，顶端连接在一起矗立在地上，滑轮固定在顶端。这样的起重机坚固稳定，但只能应用于在起重机可以放置的地方吊装重物。

四桅杆起重机用来吊装非常重的物件，4根桅杆被垂直安装并构成一个正方形。它们的顶部通过稍短一些的木制件连接，由两根倾斜的横梁在它们的交点上负载滑轮。

完成以上描述后，希罗作出了一个非常有趣的评论：在装置起重机时，应该避免使用钉子和插销，重物越重越要使用绳索，不要试图用钉子将木料连接在一起。

如果需要举起的重物是建筑用的巨大石块，则可以用绳子来吊装。希罗描述了几种不需要将绳子从石块下面绕过的吊装方法，这样就可以将石块一次吊装到位。被他称为“吊耳”的一种是用一个坚固的铁环，底部可以安装在石料上的一个底切的（上面小底下大）孔中，一块木头被塞入旁边将它固定住（图 604）。另一种建筑方法也和底切孔旁边的孔有关。两个吊环螺栓安装在两个底切的孔中，第三个平螺栓安装在前两个螺栓的中间固定它们，然后将一个铁索穿过所有 3 个吊环充当起重的把手（图 605）。也有把 3 个或 4 个铁钩安装到石头内部的孔中并由木横梁来固定，这被模糊地描述为“小龙虾”。希罗建议在这些设计中小心地选用铁质部件，它们不能太坚硬，那样就会变脆，也不能太柔软，那样就会弯曲，绝不能折叠、扭曲和有裂缝。这样的情况非常危险，因为石头不仅会掉下来，而且可能会砸到工人。维特鲁威也频频提到他的方法是安全的，很明显当时的承建商对他的工人照顾得很好。

662

和维特鲁威一样，希罗也陆续介绍一些特殊问题的解决方法。例如，沉重的石块需要从采石场经由一个陡峭的下坡道运送到截石机那里。工匠们为此开辟了两条路，使用两辆四轮货车，下面的一辆装载废料，上面的一辆装载石料。一条长绳通过滑轮连接这两辆货车，并由牛来向上牵引配重。为将一个沉重石柱从基座向上方抬起，需要将一条绳子穿过

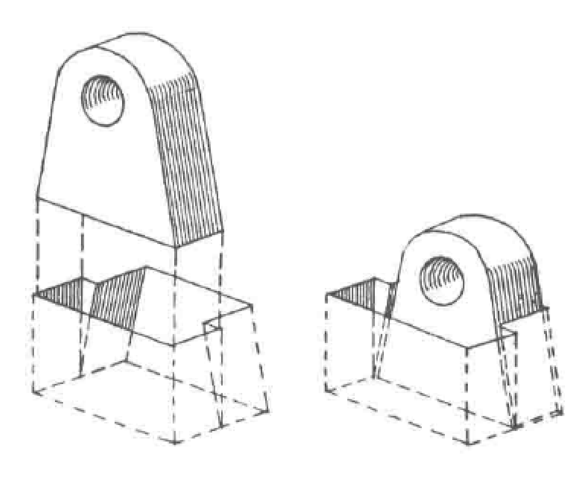


图 604　希罗的用于抬起石头的吊耳。当吊耳放置到切底的孔中后，一个木块插入到它的旁边固定住它。

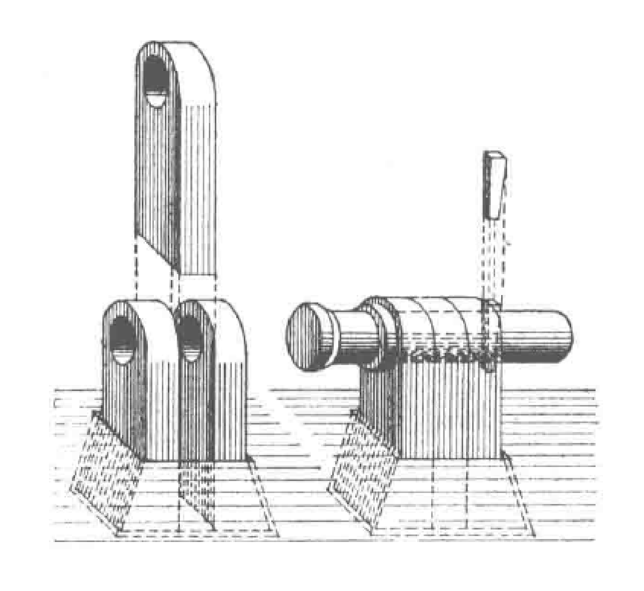


图 605　希罗的三重挂耳。
一旦平头的中央有眼栓安装到位，外侧的两个有眼栓就稳稳地固定在底切的孔中。横穿的销子用于提升。顶端和楔子在原文中没有提及，但它们应该是必要的安全预防措施。

两个滑轮，连在一个作为平衡负重的容器上，然后向容器中添加石料直到石柱被抬起来。如何将所有这些东西移动到另外一个地方并没有介绍，有人猜想手稿的这一部分被损坏了，或者要解决的问题就是修理基座，不需要移动石柱。为了将重物移动到浮舟上进行水路运输，可以将浮舟装上沙袋。当重物安全放置到船上以后，解开沙袋放出沙子，浮舟就可以浮在水面上。如果地震使墙倾斜了，这里还有一种使墙恢复垂直的发明。在墙的倾斜方向与墙平行的壕沟中安放一块坚固的木板，由小横条连接起来的坚固横梁紧靠着木板，在墙的另一边用带有滑轮的绞盘可以将倾斜的墙恢复到原来的位置。

就像在其他地方谈及的那样，这里没有使用到齿轮，只提到 3 种简单的机械，分别是绞盘、杠杆和滑轮。但是，古代的技师显然知道如何改变和组合它们，从而实现不同的目的。

相关文献

[1] Aristotle *Mechanica,* chap. 18 (853^{a-b}), trans. by E. S. Forster in 'Works of Aristotle', ed. by W. D. Ross, Vol. 6. Clarendon Press, Oxford. 1913.

[2] All references to Archimedes were collected by J. L. Heiberg *Quaestiones Archimedeae,* chap. 3, pp. 35 ff. Klein, Copenhagen. 1879.

[3] Vitruvius. All quotations are taken from X, ii, 1–14. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 278 ff.)

[4] Brunn, H. "I monumenti degli Aterii" in 'Kleine Schriften', Vol. 1, pp. 85 ff., and fig. 27. Teubner, Leipzig. 1898.

[5] Jahn, O. *Ber. sächs. Ges. (Akad.) Wiss.,* phil. "hist. Kl., 13 , 302, and Pl. ix, 2, 1861.

[6] Hero *Mechanica,* II. (Arabic ed. and French trans. by Carra de Vaux. *J. asiatique,* neuvième série, 2 , pp. 227 ff., 1893.)

[7] *Idem Ibid.,* III, 2–12. (*Ibid.,* pp. 484 ff.)

第19章 水利工程和卫生设施

R. J. 福布斯 (R. J. FORBES)

663

19.1 早期的井和蓄水池

人类社会集中供水的历史可以追溯到很久以前。在早期青铜时代，欧洲地区的人们就经常用木材将泉眼围起来供大家使用，还将木制圆筒打入地下不渗水的黏土层，以便储存可以偶尔收集到的雨水。古代近东地区，城市地基下的泉水几乎对于每座山城都是必不可少的（第Ⅰ卷，边码525），人们经常无法分辨天然泉和人工泉。这里，我们用“井”一词来描述在地表没有水的地方从地下垂直取水的立井。很多所谓的圣井不过是被围起来的泉眼，只是后来被进一步挖深了而已。井是城市生活和农田灌溉所必需的，因为那里需要大量的水。

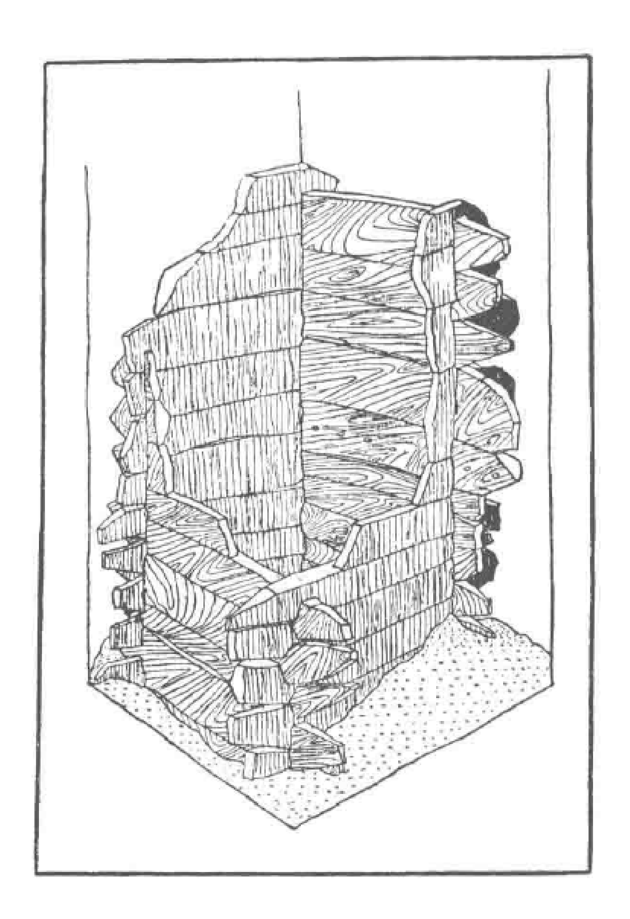


图606 在诺福克黑斯堡附近发现的中世纪木壁水井。井筒5英尺9英寸见方，原来有22英尺深。12世纪。

通过对自然界的观察，以及在采矿和隧道挖掘中积累的经验，

人们最终发现了寻找水源的实用方法。罗马作者维特鲁威介绍了一些查找水源的科学方法[1]，例如注意观察贴近地面的薄雾、土壤的类型和植被等，接着应该做试验，把金属器皿或未烘烤的黏土罐埋在地下几分钟，仔细观察它的湿度。

古代从来不钻井，而是用手工挖井。大部分井是圆形的，且所有的井沿着一条线一字排开，用木材、石头或砖头砌成井壁，有时也会用陶环来替代砖头，例如，在克里特岛和希腊的迈锡尼就是这样。雅典卫城有两个深18米的井、用石头砌成。罗马人更喜欢用砖或混凝土砌井的内壁，但在军事营地或其他临时性驻地则用木桶，或在4个坚固角柱间铺以木板，或采用榫接木板结构[2]。后来，欧洲其他地区也采用了这种木板砌井方式(图606)。

人们世世代代用葫芦、贝壳勺、陶罐和提桶来取水。如果水井太深，就一个人接一个人地从水面把水罐传上来(图607)。随着汲水机械(边码675起)的改进，人们引进了新的方法。在希腊和罗马，城镇都用机械供水。因此，庞贝附近地区浴室的温水取自与浴池(1.5米 ×2.0米)相连的井(截面2米 ×3米，深25米)中，浴池所在的小楼里还有一个放有脚踏汲水车的狭长房间。两个奴隶通过踏动汲水车使两组悬挂在井中的水斗链循环运转，这样每

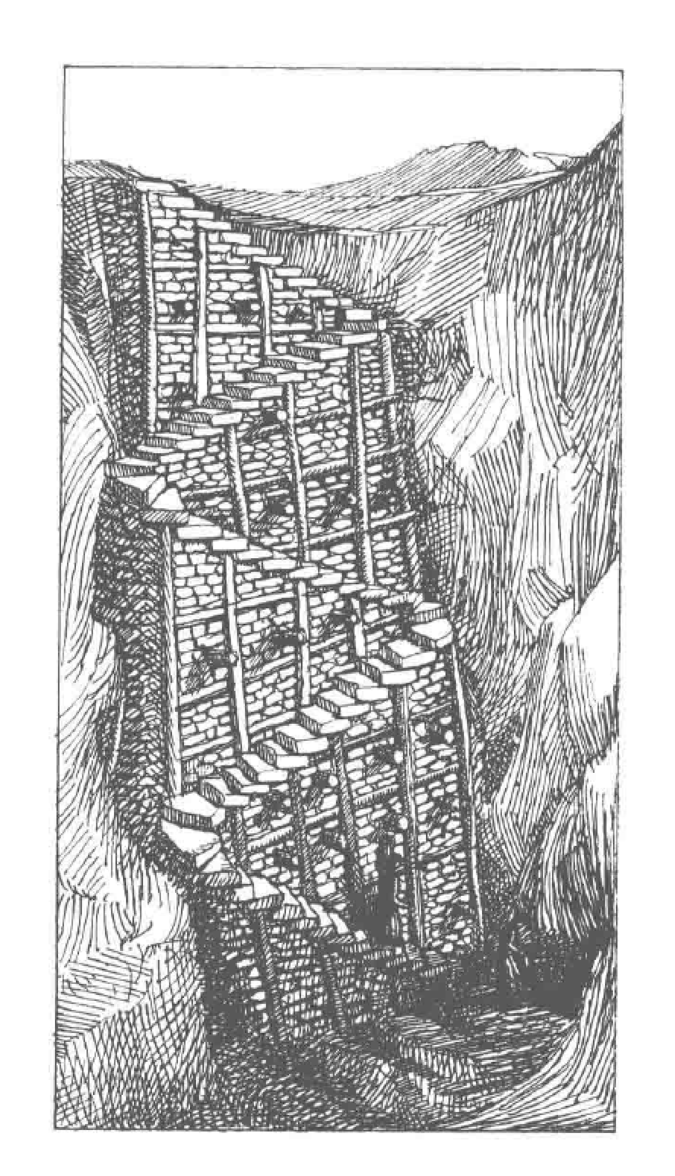


图607　希腊迈锡尼文明的泉水引渠，根据推测复原。

664

小时能汲 440—800 加仑水[3]。

除了在岩石中开凿蓄水池外，希腊人和罗马人还用砖石或混凝土建造带有桶形拱顶和柱子的蓄水池，并常附建一些小型沉淀池。在希腊统治时期及罗马帝国时期，像亚历山大和拜占庭这样的大城市都建造了巨大的蓄水池（图 608）。拜占庭最大的蓄水池面积是 141 米 × 73 米，有 420 根圆柱。东罗马帝国皇帝瓦林斯（Valens，364—378）和查士丁尼（527—565）时代的许多蓄水池建在伊斯坦布尔，至今仍在使用[4]。

19.2 水道、水管和下水道

史前的欧洲，很容易得到木材，用木板搭成的沟或镂空的树干就构成了水道的基本结构。在圣莫里茨，有一个用木头围住的矿泉，它是欧洲最古老的水道之一（图 609）。这里的泉水用两根空树干运送[5]。罗马人也用木制的管子（他们有时用铁套环加固接合处），这在中世纪欧洲是很普通的，那时的管子通常长 6 米，直径 8—12 厘米。中世纪的水管能承受高达 3.5 个大气压的压强，像纽伦堡等一些木质水管系统很发达的城市还设计了专门的机器为其钻孔（图 599）。

罗马人的实践证实，密封的陶质水管通过嵌入混凝土来加固，完全能承受高达 50 个大气压的压强。虽然克里特人为避免泥沙的淤积给管子加了盖子，但迈锡尼人首次在希腊大陆使用了敞开的陶瓦水道（第 I 卷，图 349）[6]。很早的时候，人们用陶制或石制管子来供应和排放少量的水。公元前 1500 年以前，印度河边的城市就使用这种管子，美索不达米亚同时期的一些城市中的陶制水管、砖石阴沟、水厕和排水沟，至今还能正常发挥功能。希腊人制造的陶制曲管和直管都是锥形的，这样就可以一个套一个了，这种方法后来也被罗马人采用。

665

已经发现了很古老的金属管子，像埃及阿布西尔的萨胡神庙的

管子，就是由厚1.4毫米的青铜锻造的。这些青铜管子用混凝土粘在实心石板凿成的凹槽内，把水从大陆运送到腓尼基人的提尔海港。希腊人也使用铅和青铜管子，但直到罗马时期才开始大量使用铅管为地方供水，虽然已经意识到铅毒的危险[7]。他们把铸件薄片切成大约10英尺宽的条状，在木模上弯成圆形，并用焊料焊接。焊料中锡和铅的比例有严格限定(边码47)，但仍然经常发生泄漏。罗马水利机构中的铅管因为是最早的标准化系列工业产品而闻名于世，它借鉴了一种名叫*quinaria*的水管——用5个手指宽(9.2厘米)的条状物制成的管子。

对于公共设施来说，青铜管造价太高，只能偶尔在罗马、庞贝和巴亚富人家的别墅中见到。然而，罗马人很多种类的配件、堵头和龙头常常是用青铜制的，庞贝城的一些私人住宅中龙头多达30个。

除了木制管子以外，中世纪也广泛使用陶管和铅管，它们用锡料焊接，保存得很好，虽然包菲的文森特(Vincent of Beauvais)在《反射镜》(*Speculum*, 1254年)一书中认为用锡料易腐蚀。到15世纪，铸铁管偶尔被使用，例如1412年奥格斯堡的公共喷泉供水系统。

666

19.3 渡槽的起源

在古代已广泛传播的暗渠(第I卷，边码532—534)，本质上同古代矿工水平挖入山腰的坑道是一样的。亚美尼亚是近东地区最古老的采矿和冶金中心之一，再加上其他原因，它很可能是暗渠的源头。阿契美尼德(Achaemenian)国王统治时期(公元前6世纪—前331)，波斯人已广泛使用暗渠。麦加斯梯尼(Megasthenes)发现，暗渠在公元前300年的印度北部已经使用得非常普遍，那里需要一批官员来“检查向引水管供水的封闭运河，让每条水管平等引水”[8]。此时，暗渠已传播到外高加索、阿富汗、中国新疆，它的建造是专家行会长达一个世纪的特权[9]。可能是在大流士一世(公元前521—前485)统治时

期，波斯人把这种技术介绍到埃及，还特别地将它介绍到了哈里杰绿洲[10]。这项技术传播到整个撒哈拉沙漠，远至摩洛哥南部，并应用于罗马时期斐赞的加拉马。希腊—罗马时期的输水道都很相似。希腊最早的医学著作声称，优质的水是健康所必需的（图 610）[11]。《希波克拉底集》（*Hippocratic Collection*）是一本写于约公元前 400 年的关于“空气、水和空间”的著作，其中有很多关于水的质量和大众健康的详细观察资料。为了得到优质的水，希腊人直接采用了近东的方法。雅典从彭特利库斯山引水的沟渠就是暗渠，它的地下水道大约每隔 15 米有一个垂直通风井。

667

在古希腊，另一种很流行的管线用石头支撑，穿山越岭，直接取最短的路径从源头引水。大约公元前 6 世纪萨摩斯岛的渡槽可能是最早的例子，希罗多德认为它是希腊大陆上 3 项最伟大的工程之一（图 611）[12]。据他记载，渡槽的设计者是迈

668

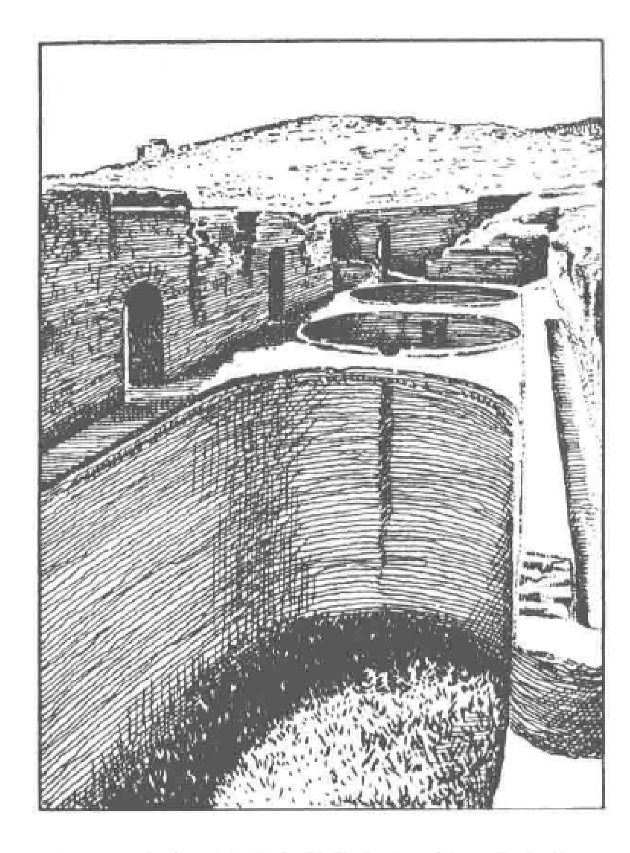
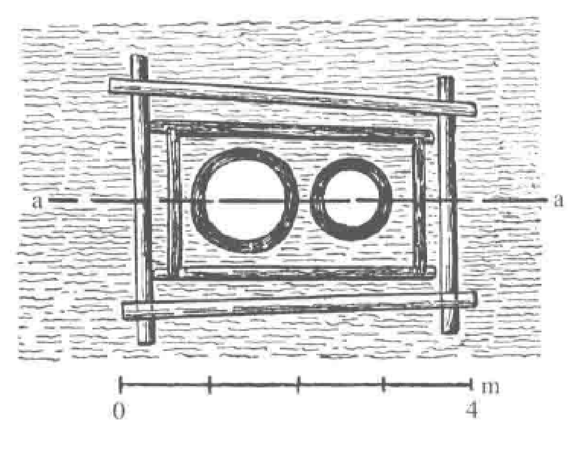


图 608　在岩石中凿出的蓄水池，位于迦太基。



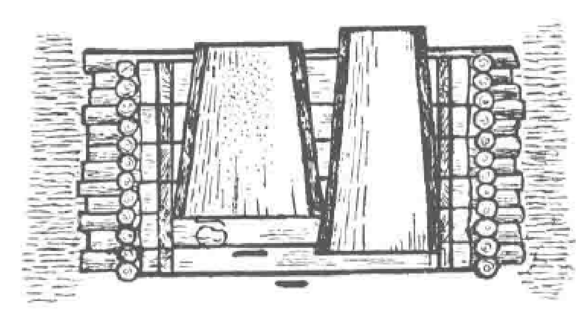


图 609　恩格丁圣莫里茨发现的封闭式泉眼的平面图和截面图，可能属于晚期青铜时代。

加拉的尤帕里诺斯(Eupalinus of Megara)，他藉此成为第一个水利设计师，名字流传至今。

萨摩斯岛的隧道长度超过 1000 米，从两端同时开凿。由于两段错开大约 5 米，所以源头的那一端不得不急剧弯曲，这样两段隧道才能连通。隧道横截面大约有 1.75 米见方，水在隧道地面上一条凿出的运河中流动。运河的坡度比隧道更大，入口处运河比隧道底面低大约 2.5 米，出口处低约 8.3 米。把黏土管放入运河，然后再埋上土，隔一定的距离安上连接柱。边码 672 提到了一些勘测装备，可能是萨摩斯人用来建造渡槽的。

在小亚细亚和别的地方，希腊人使用了一种新颖大胆的水利设施——虹吸管，省去了打隧道的昂贵费用，也不用安装弯弯曲曲的长距离重力引流管道。虽然小型虹吸管已经使用了几个世纪，但第一个试图解释它们工作原理的是希罗(活跃于 65 年)。用虹吸管作为穿过深谷的捷径要承受很大的压力，因此较低部位的虹吸管需要相应的强

669

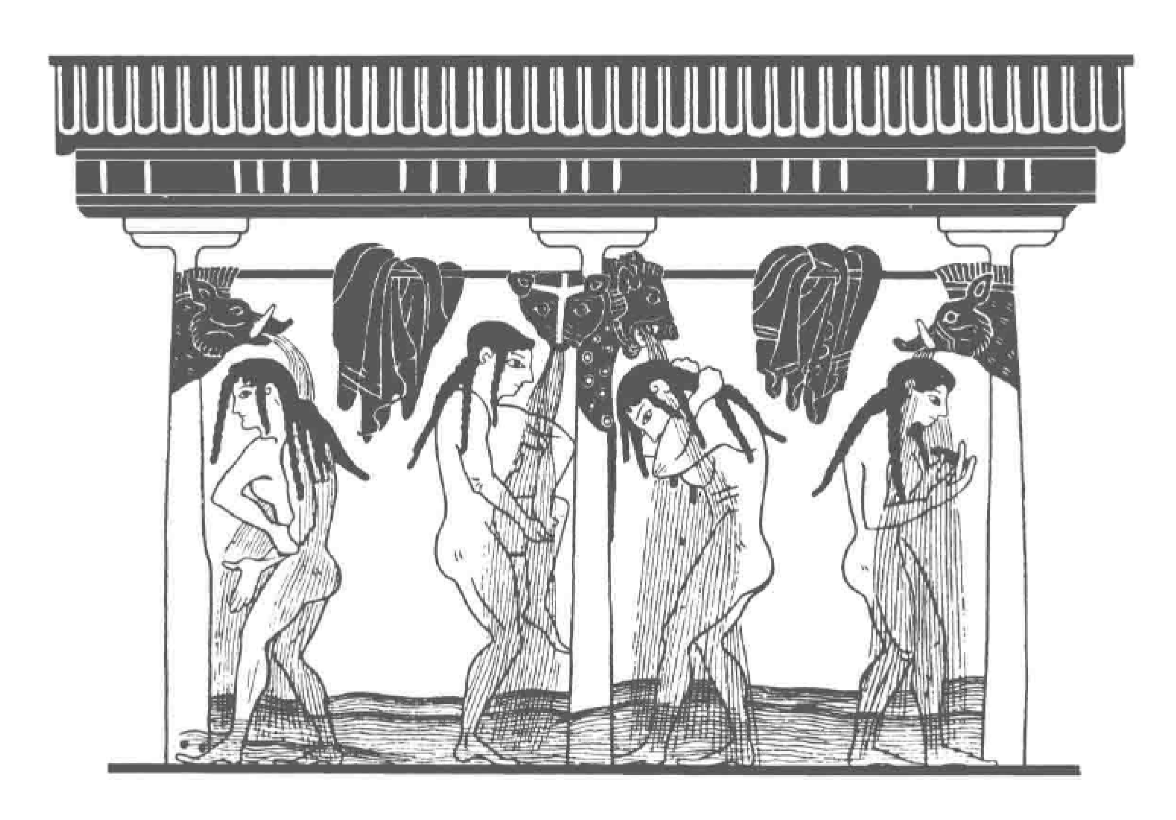


图 610　希腊妇女淋浴图。出自一个花瓶的黑色图案，公元前 6 世纪。

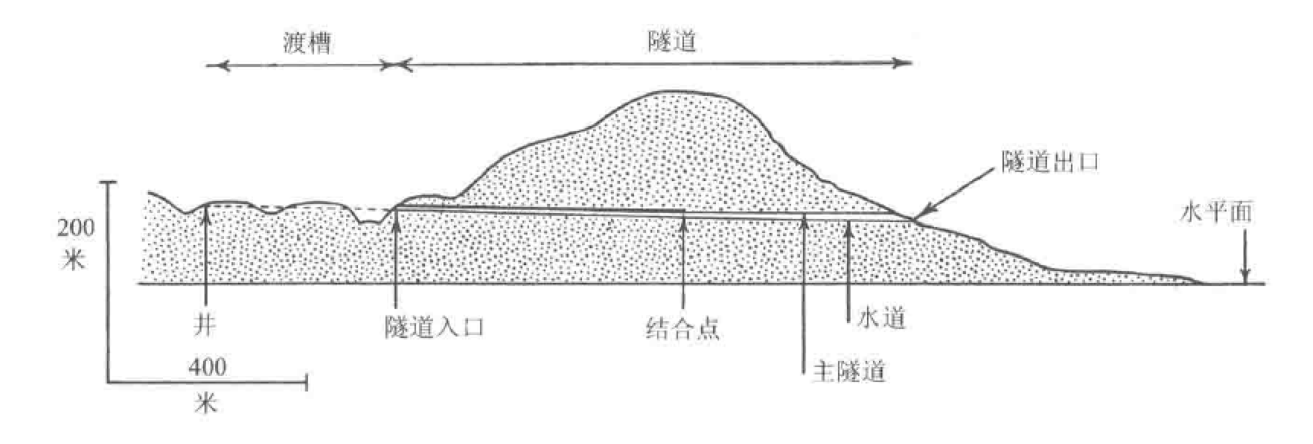


图 611 萨摩斯岛渡槽的简略截面图，可能是公元前 6 世纪的。
水流过石柱支撑的管道和水道，取最短的路径。从两端挖隧道，但是由于错误计算，需要转一个大弯才能使两个部分连通。

度。帕加马的渡槽建于公元前 180 年，是使用这种虹吸管的典型代表(图 612)[13]。它依靠重力把山谷(海拔 1174 米)中的泉水引导到位于城市东面的哈奇奥乔奇奥(海拔 375 米)的两个沉淀池中，用压力泵将水从沉淀池中压出，流经两个山谷(海拔 172 米和 195 米)，越过中间的山脊(海拔 233 米)到达城堡(海拔 332 米)。管道的行进路线可从支撑管道的相隔 1.2 米的厚石板看出，在较低的山谷中，必须克服高达 20 个大气压的压强。管道可能是金属的，穿越山谷是为了给位于山脚下城市新开发的地方供水。罗马时期用更可靠的沟渠系

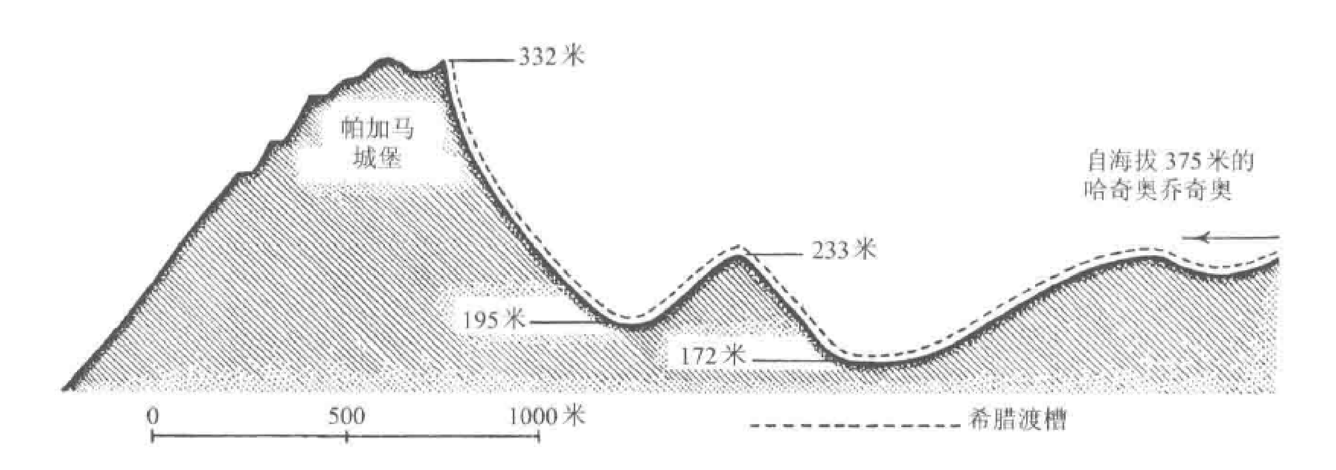


图 612 帕加马渡槽简略截面图，显示出虹吸管基本上呈直线，通过两个山谷和中间的山脊，抬高到与城堡一样高的海拔位置。约公元前 180 年。

统代替虹吸管时，管道被移走了。

在从西西里岛、意大利南部到小亚细亚的那些希腊和希腊化的城市中，虹吸管和大水道是很有代表性的供水系统。可能是泄漏以及适合制造高压管道的材料很少的原因，罗马人很少用虹吸管。

19.4 罗马的渡槽

670

罗马渡槽以极好的拱形结构而闻名，遍布西班牙、法国和意大利的很多山谷，特别是罗马周围的大平原(图 613)，为家居、浴室、喷泉、公共厕所及冲刷下水道等供水[14]。现在，人们有时竟然会忘记这些渡槽主要是建在地下的。

在希腊和罗马统治地区，由于旱地耕作占统治地位，灌溉并没有得到广泛的应用(边码 81、边码 678)。然而，在非常干旱的地区，或是在某种庄稼需要的情形下，还是会进行灌溉。因此，在努米底亚和毛里塔尼亚(阿尔及利亚)，人们用泉水灌溉山地，在溪流上筑水坝，把蓄水池、池塘、地下贮水池同渡槽和水道相连，作为旱地耕作的补充水源。当然也有例外，渡槽便是为工业目的建造的，例如在罗马统治的西班牙，金矿就用水来冲刷金沙[15]。有时，水车也靠专用渡槽



图 613　克劳迪娅和阿尼奥诺瓦之间渡槽的遗迹，见图 614。

驱动(图 546)[16]。

罗马最早的渡槽是阿庇渡槽(图 614),大约建于公元前 300 年,由护民官克劳狄主持,他同时也是阿庇大道的设计师(边码 504 起)。这个地下渡槽使用国家经费来建造,目的是把纯净水引入城市[17]。在罗马出现的第二条渡槽是阿尼奥韦特斯渡槽,建设费用是从国王皮洛士(Pyrrhus,卒于公元前 272 年)那里掠夺而来,就像马西亚渡槽(图 614,图版 39)的建设费用一样,据说是大约公元前 146 年从科林斯和迦太基[18]掠夺到的。在早期的共和国时代,罗马供水系统得到了发展,建造了一些地方渡槽[19]。到公元前 125 年,随着城市的迅速扩张,罗马的供水系统也增加了一倍。

在罗马共和国晚期的战乱日子里(公元前 1 世纪),引水管被人们忽略了。奥古斯都皇帝(公元前 27—公元 14)不得不重修很多已被损坏的水道和管道,并扩建新的系统[20]。

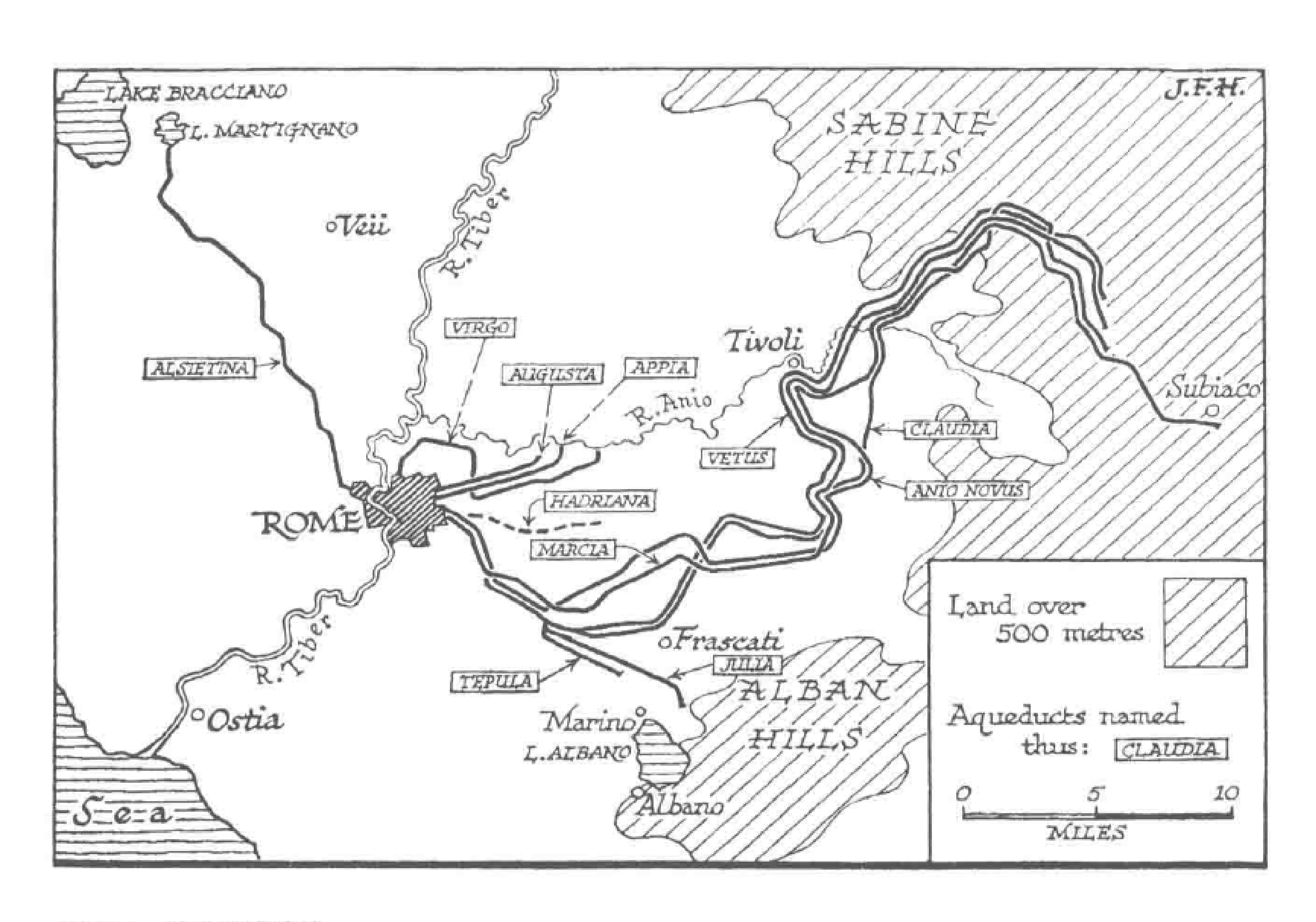


图 614 罗马渡槽路线。

罗马帝国时期是一个伟大的建筑时代，好几位皇帝都扩建了主要城市的供水系统。巨大的克劳狄渡槽用了14年才建成，它的设计师们必须解决一个棘手的问题，那就是如何从阿尼奥河岸开采石灰岩，并运到几英里外的建筑工地。为了修建这条渡槽每年要运至少4万辆四轮马车的石头[21]。哈德良皇帝（117—138）在帝国的不同地方建了很多渡槽[22]，后来的君主直至东罗马帝国的皇帝，继续执行了这样的政策[23]。

在埃及，奥古斯都皇帝为亚历山大城建造了一条渡槽。在这个国家的其他地方，形式比较古老的灌溉机械也被用来为城镇供水。斯特拉博在孟斐斯附近的军事营地写道，“水通过轮子和螺旋泵从河里引出，使用了150名犯人在这儿干活”[24]。113年，法尤姆地区的一个城镇建造了一部水车，把水抽出来灌到蓄水池，以备喷泉、浴室、酿酒厂和两个犹太教教堂使用[25]。

在小亚细亚，古希腊的创造性因罗马的统治而再度觉醒[26]，萨迪斯、以弗所、帕加马、士麦那、米利都和尼萨等地建造了新的渡槽。在西班牙，梅里达和塞哥维亚的大渡槽至今犹存且远近闻名，后者的水道桥有1000多米长，高50米。在法兰西，尼姆（公元前19年，图371）和阿尔勒的渡槽很著名。里昂有几条大的渡槽，包括由7条直径为27厘米的铅管道组成的虹吸管，为了制造这些虹吸管用了几万吨铅[27]。在罗马统治的日耳曼，科隆、波恩、美因茨和特雷夫斯，都有大型的渡槽[28]。

在不列颠的林肯郡、多切斯特及其他地方都有罗马渡槽，伍斯特的渡槽通过单独的水闸为私人住宅供水。在锡尔切斯特，水被送达时在城镇的地平线下，需要通过压力泵把水提升起来。在卡马森郡，一条8英里长的渡槽为金矿冲洗矿石供水。

19.5 罗马供水的组织结构

在维特鲁威的10部著作中，有一部专门介绍供水[29]，讲述了渡槽、井和蓄水池的建造情况。不过，提供更多罗马供水技术资料的是弗朗蒂努斯(Sextus Julius Frontinus)[30]的著作，他从97年到103或104年担任罗马水务专员。他满腔热情地说道："这些运送海量用水的供水结构不可或缺，完全可以同无实用价值的金字塔以及虽然出名、但无用处的希腊艺术品相媲美。"(图614)[31]

起初，罗马的供水系统被地方市政官员所控制。后来，奥古斯都把职责集中到他的朋友阿格里帕(Agrippa)手里。公元前9年的一项法令把这些职责委托给一个委员会，它的成员包括一位有着执政官头衔的水务专员(会长)和两位技术顾问。弗朗蒂努斯是第七任水务专员。克劳狄统治时期(52年)，委员会经过了重组，水务专员开始全面负责供水系统及其维修和建造的必要资金。

水务专员有一套工作班子，包括建筑师、管理人员和一系列职级不同的职员。此外，第一任水务专员阿格里帕还掌握并训练着一个由240名奴隶组成的团队。在他去世后，这些奴隶被交由政府管理。这些奴隶和属于恺撒的另一群奴隶加上一些专家和雇来的自由人，组成了一支正规的技术队伍。为首都服务的8条主要渡槽，肯定需要大量的劳力参与[32]。

672

这8条渡槽中(图614)，5条从泉水和自流井中引水，2条从河流，1条从海洋中引水。较早的渡槽主要建在地下，部分原因是为了防御破坏。后建的5条渡槽的城市入口被建得尽可能高(图版39)，因此有被截断的危险，罗马被哥特人围攻时期就发生过这类事。8条渡槽总的横截面积大约是7.5平方米，总共长350千米，其中仅有47千米在地上，每天的运送水量约为101.06万立方米。4世纪，罗马有11个公共浴室，还有856个小型私人浴室和1352个喷泉和蓄水池。

选择好水源以后，罗马人认真地制定了输送水的线路。如果可能的话，他们更喜欢建设地下管道，尽量避免在拱形结构上建造外观漂亮的管道，因为这样做的费用很高。弗朗蒂努斯提到自己已经绘制出所有既有渡槽的平面图，所选的路线通常有1∶200—1∶1000的倾斜度，尽最大的努力避免采用压力传送，因为虹吸管的建造和维修都太昂贵。但是，为了跨越陡峭的山谷，偶尔也使用虹吸管(图612)。

渡槽的斜率并非始终一致，因为可用的水平仪非常简陋。古代近东地区使用一种形状像字母A的铅垂水平仪，从顶点悬挂铅垂线，希腊和罗马则用简单的水平仪(*chorobates, dioptra* 或 *groma*)来描画直角。娴熟地使用这些仪器，可以使倾斜度非常精确地保持在1∶2000，从而较精确地挖掘隧道，所以我们很少在史料中见到对团队工作粗心马虎的抱怨。

水从泉眼或河流引入沉淀池，沉淀池通常有两个斜底的隔间，这样可以方便水的澄清。接下来，水被引入特定的管道中，通常在地下15米，那里每隔40—50米有几个通气柱以防止空气不畅通，也便于检查和打扫。管道横截面从0.5平方米到3平方米不等，由50—60厘米厚的混凝土内层构成，依靠一群石匠负责合拢和搬运。由于很多被导出的泉水相当热，罗马的渡槽内覆盖了相当多的碳酸钙水垢，必须经常清洗。只有维尔戈渡槽和马西亚渡槽的水很纯，不需要沉淀[33]。阿尔西蒂纳渡槽的水不能饮用，特拉扬那渡槽的水有一部分用于水车、喷泉、冲刷下水道。渡槽将水送达配水池，它们不能称作贮水池，是因为仅有很小的容量。供水按照排水量常数的原则进行，每个引水管与一定数量的配水池相连。阿庇渡槽连接20个配水池，阿尼奥韦斯特渡槽连接92个，在罗马总共有247个配水池。

673

19.6 罗马的供水装置及配水

弗朗蒂努斯记载[34]了3种主要的供水需求：

		百分比（%）
（a）皇帝控制部分		17.1
（b）私人控制部分（住宅和工业）		38.6
（c）公共给水：		
19个军事营地	2.9	
95栋官邸	24.1	
39栋公共建筑和剧院	3.9	
591个蓄水池和喷泉	13.4	
		44.3
		100.0

每个蓄水池的底部有3条主要的配水管，分别供给喷泉、浴室和官员办公楼。较高位置有10条配水管，向私人用户和住宅群供水，并提供工业用水。从主要配水管分接水管是违法的，但可以把蓄水池、喷泉和公共浴池多余的水再分接出来，不过这些再分接的水大多是工业用水或用于冲刷排水沟。卡拉卡拉的浴室附近，建有用多余的水带动的磨坊。有的房屋建有二级蓄水池，用水车或压力泵来抽水（图342）。在省城，水并不总是充足的，例如庞贝城的官方当局经常被迫在一天中的某个时段给个人分配供水，以确保浴室和公共建筑的用水。

皇帝会允许某些财团或有地位的个人从主配水管分接水管，甚至可以终身使用。通常，负责水池的官员根据输水管的横截面向消费者收费，私人输水管的标准尺度以五进制为单位（边码665）。负责供水的官员不是专职的，但习惯上是常设职务。弗朗蒂努斯讨论了基于五进制的标准管道，详述了25个标准规格系列，从1个五进制到120个五进制的管子容量[35]。一些官员的职责就是系统地对它们进行检查并打上印记，有关这个过程的法规现在还存在。

674

弗朗蒂努斯调查并重建了整个罗马供水系统，而且试图给出他的部门能据以工作的准确数字。他对渡槽的入口不满意，试图通过测量管道的横截面积（不计速率），计算出水从源头送出、流经蓄水池、最终到达消费者的总量。他忽略了水压原理，把损失完全归罪于“不诚实的送水员”。他说：“我们已经发现他们为私人目的从公共管道窃水，许多土地所有者也从流经他们土地的管道中窃水。结果，公共的水道事实上由于私人窃用而不复存在，只是在浇灌私人的菜园。”[36]他努力寻找解决问题的办法，并自撰这样一段墓志铭：“纪念碑是多余的，如果我所做的一切值得纪念，我的名字将永垂不朽。”

19.7 罗马对水的检验和净化

古代医师和工程师都不约而同地强调水的纯度，盖伦、维特鲁威以及其他许多人公开指责使用铅制蓄水器和管道。虽然覆盖在这些管道上的碳酸钙和碳酸铅已经有效减少了铅毒，铅中毒事件仍然不断发生（边码 419）[37]。维特鲁威推荐了下列检查水纯度的方法：“把水喷洒在科林斯铜（一种金、银和铜的合金）容器或其他优质青铜上，应该不留下任何痕迹。或者把铜容器中的水煮沸，静置一段时间，然后倒出，如果在铜容器的底部没有发现沙子和泥浆，这种水也符合要求。再有，如果蔬菜放在容器中煮，不一会就煮熟了，表明水是优质的、有益于健康的。”[38]几篇古代的文献提到，有几种水“能使少量酒浮起来”。通过把水和深色酒逐滴混合，罗马人就可以粗略地估计水中的石灰含量[39]。

古代人介绍了几种用来提纯水的方法，包括纯粹暴露在太阳下、空气中以及过滤等。希罗多德曾用赞许的语气讲到，流经苏萨的卡尔谢河水曾经被煮沸，存放在镀银的酒壶中献给波斯国王[40]。多孔渗水的石灰华过滤器已经被发现，利用毛线或很长的油绳过滤的方法也广为人知。阿塔里亚的阿忒那奥斯（Athenaeus of Attalia）写的一本

名叫《水的净化》(*On the Purification of Water*，约50年)的书中，讨论了过滤和渗透。此外，维特鲁威也介绍了沙层渗透的过滤方法[41]。古代作者认为，通过添加不同物质(最普通、最有效的物质就是葡萄酒)可以使水净化，有益于健康。

675

19.8 汲水方法

在东方很多地方仍能看到那种间歇式的简单汲水方法，例如桔槔最早在古典时期以前就出现了(第Ⅰ卷，第19章)。机械汲水的又一大进步就是实现了连续供水，这应归功于希腊人的两项发明——齿轮和螺旋(边码116起、边码631起)。希腊在汲水方法上取得的成就，可能与哲学家把自然现象的研究成果应用到日常生活中的这种新能力有关。对于巴比伦的天文学家而言，已经能够熟练地把天文现象用数学表格的形式列出来。然而，古希腊人可能是第一次把观察抽象为几何图形，试图用来解释现象。因此，他们把天体运行体系想象成复杂的旋转运动，并试图将这些运动应用到实际中去。

维特鲁威说："所有机械发明都来自自然及由宇宙引导和操纵的革命……前辈们观察到如此情况，并从中抽象出规律。他们仿效宇宙，由神力引导，通过发明创造，使自己过上了舒适的生活。因此，他们借助于灵巧的工具，依赖于机器及其所带来的革命，使一些事情更方便了。"[42]

676

有人认为，齿轮是阿基米德(卒于公元前212年，边码632)发明的。当然，它不可能出现得更早。带水罐的纵向轮依靠与其啮合的由人力、畜力驱动的横向轮齿轮进行转动，这就是"波斯轮"或称*sāqiya*。在实际应用中，为了防止水从罐中溅出太多，集水池必须处在轮子顶端的正下方，升降幅度因此不能超过轮子的半径太多(图615)。被维特鲁威称为"鼓室"的一个变体，可以把大量的水提升到同水轮半径一样的高度，而且损耗量更少(图616)。它由带有水平轴

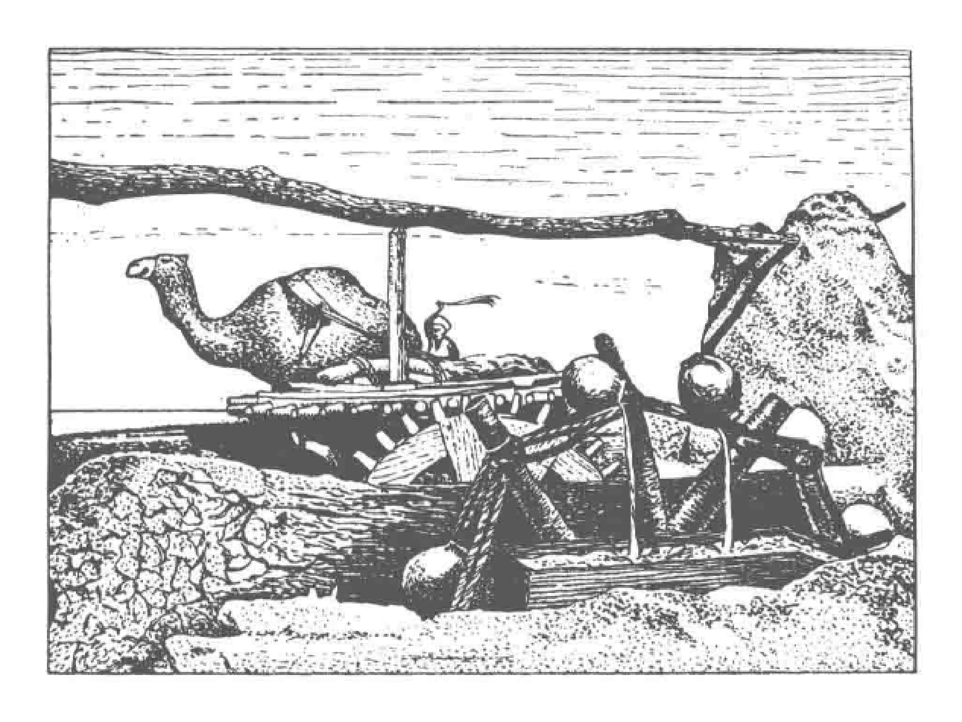


图 615　现代由骆驼驱动的波斯轮（罐轮）正在从尼罗河中汲水。注意它非常粗糙的构架。

的鼓形圆桶构成，圆桶被从轴心辐射出的木板隔成 8 个分隔室。每个分隔室有一个大约 6 英寸宽的开口，当分隔室转到较低位置时，水可以从开口流入桶内。圆桶旋转时，分隔室提起，水从每个分隔室在靠近轴的位置开的小孔中流出，被收集在水槽中[43]。

在埃及，旋转汲水装置在希腊化时期逐步引进。波斯轮在公元前 2 世纪首次被提到，并在罗马时期被由踏车带动的鼓室所取代。鼓室可以提供足够的水来灌溉菜园，在盐井中溶解盐。公元前 20 年左右，

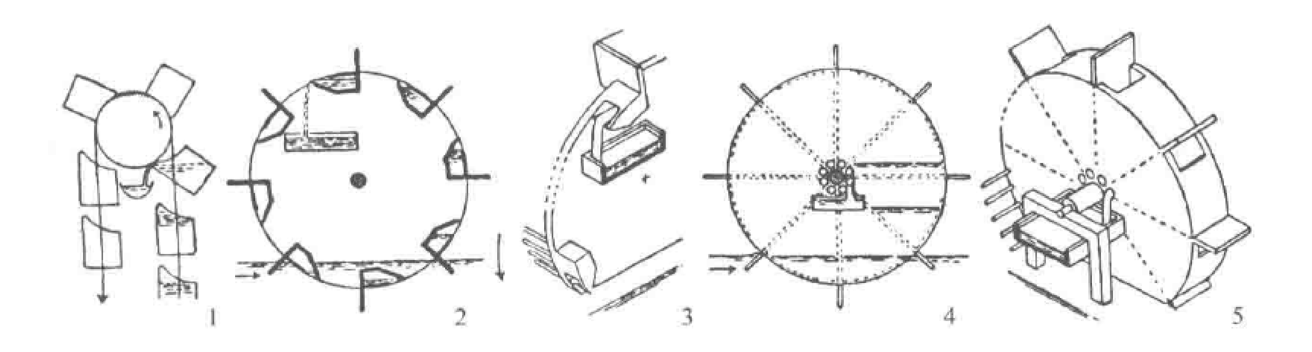


图 616　维特鲁威描述的 3 种汲水机械：(1) 一连串的水桶绕着两个滑轮转动；(2) (3) 斗式水车；(4) (5) 有 8 个分隔室的鼓形水车。明轮翼使它可以由水流来驱动。

677

在法尤姆使用了一种机械装置。斯特拉博（公元前63?—公元21）在著作中提到，在埃及的人们用轮子或螺旋泵把水从河里提出来，浇灌肥沃土地的田垄，150个囚犯从事这项劳动[24]。在希腊化时期，汲水机械也被引入巴勒斯坦和美索不达米亚。

虽然人们一直认为螺旋的发明者应该是他林敦的阿奇塔斯（活跃于公元前400年），但关于它的最早的确切资料则涉及阿基米德及其著名的水螺旋。狄奥多罗斯（Diodorus，公元前1世纪）说，尼罗河三角洲是用阿基米德发明并推广的机械来灌溉的，根据外形它被称作蜗（蜗牛）[44]。不过，他在别的书里又说，在阿基米德拜访托勒密（Ptolemies）宫廷并把它们介绍过来之前，在一些矿山和水井已有了这些装置（边码633）[45]。

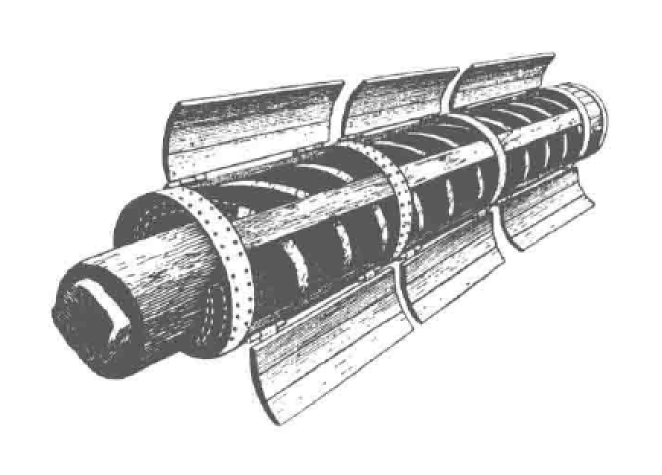


图617 发现于西班牙索蒂尔矿井的阿基米德橡木螺旋。轴的直径为24英寸，螺纹突出轴2.4英寸。

从在埃及发现的古代水螺旋的遗迹[46]和陶器模型及其描述中，可以很清楚地看到，水螺旋是由踏车而不是由曲柄带动旋转的，因为古代的工程师还不知道曲柄（图617—619）。在埃及南部和阿拉伯世界的某些地方，目前仍普遍使用水螺旋来汲少量的水。水螺旋是在拜占庭时期被介绍到摩洛哥的，再从那里传播到西欧。



图618 汲水用的阿基米德螺旋，出自庞贝城的壁画，显示出用脚蹬踏来转动螺旋。当然，它应该是有角度的，不可能是画中这样水平的。

公元前1世纪或更早一些，人们开始能够利用水能，进入了汲水机械进化的最重要阶段——

利用水车作为原动机(第17章)。在罗马帝国的供水系统中，水车在低海拔地区对于获得有一定落差的水相当重要[47]。罗马港口奥斯蒂亚就是这样的一个地方。储水槽建在主要浴室边上，用水轮将水汲出，并倒入较高一层的蓄水池，这样在一定的压力下就可以得到充足的水。在罗马帝国的锡尔切斯特和其他地方，也采用类似的方法。在欧洲，这种方法一直流行到19世纪。



678

图619 在阿基米德螺旋上用脚工作着的黑奴。出自罗马—埃及的陶瓦浮雕。

19.9 希腊和罗马的灌溉和排水

在古代的耕作技术中，储水是基本要素之一。古典农业学说中宣传的旱作农业技术(边码81、边码670)在希腊和意大利很有效，但在北欧和西欧却由于气候潮湿而不适用。尽管对于洋葱、卷心菜、莴苣和梨等嗜水作物而言，灌溉用水充足，但也只是在气候干旱的必要时刻才会灌溉。在某些情况下，葡萄园也需要灌溉。灌溉用水一般来自渡槽。在塔斯坎姆附近的克拉布拉渡槽，有一段用水计划的铭文，上面记载着被灌溉田产的名字，以及灌水管子的数量和供水的时间。

北非的气候和自然条件更像近东，那里的灌溉更加普遍[48]。在努米底亚，泉水被灌溉小块山地。如今，在阿尔及利亚到处可以看到罗马时期的水利工程，在河流上筑坝，把水储存在大蓄水池、池塘和地下蓄水池里，用沟渠和渡槽来分流。在意大利，这样的灌溉系统并不适用，使用时常常出错。8世纪以后，阿拉伯人把像水稻这样的作

物传到西地中海地区，意大利的灌溉系统才取得成功。

在古希腊，因为肥沃的土地大面积被浅湖、湿地和沼泽地所吞没，所以耕地有限。很早的时候，人们就尝试排水，特别是在维奥蒂亚州[49]。现已排干的科派斯湖，曾经是一片芦苇湖，出口是一些由于地震而阻塞的自然地下裂缝。当时的人们经常试图挖掘新的排水口，但往往疏于维护而损毁，直到进入公元纪年时代，仍在努力排干湖水。据说，恩培多克勒(Empedocles)在公元前5世纪就排干了塞利努斯附近的沼泽地，并堵住了山上的风口，从而改善了气候[50]，提高了西西里岛的阿格里真托的收成。大约公元前320年的一段铭文，记录了埃维亚的一个城镇利用水利设施开垦肥沃土地的一份契约。

679

罗马人对排水远比希腊人更积极[51]。意大利的许多河流——例如亚诺河和台伯河，有时无法容纳春季奔涌的洪水，因此在关口附近形成沼泽地，或者淹没沿岸的土地。约公元前3世纪末，罗马人建造了有3个阶梯的石堤来治理台伯河。实践证明，它比现代的直线型顺岸码头更好。

一些地方的排水系统看起来可追溯到共和国早期，设计用意是想大幅度地增加农田面积，这说明当时出现了控制大量劳动力资源的大地主。排水任务依靠隧道来完成，这些隧道常常建在地下，并且每隔一段距离建有通气井和施工井。在罗马南部的本都沼泽和伊特鲁里亚的几个地方，现在也有这种排水系统。韦利纽斯湖和雷特草原的排水，则依靠在岩石上凿出的800米长的沟渠来进行。41年，克劳狄一世开始实施富奇努斯大湖的排水工程，3万人用了11年时间才完成[52]。建成的隧道长3.5英里，横截面积16平方码，每隔一定距离有通风井。这项工程使皇家庄园增加了5万英亩。

人们曾多次尝试给本都沼泽排水，但都没有取得明显的效果。不过，罗马波河流域的排水相当成功。把退伍士兵安置在这块新征服的土地上，也是退伍士兵安置政策的一个组成部分。公元前109年，

在建造把平原地区同罗马连接起来的埃米里亚渡槽之前，执政官斯考鲁斯（Marcus Aemilius Scaurus）通过启用适于航行的从波河到帕尔马[53]的运河给平原排水，使阿尔卑斯山南面的高卢地区成为良田（边码 505）。其他工程师在博洛尼亚、皮亚琴察、克里莫纳周围的行政区排水，使阿迪杰河成为费拉拉和帕多瓦之间的运河。克劳狄一世（41—54 在位）最后进行了波河北部的排水项目，并建造了埃米里亚渡槽，从而圆满结束了这项工程。这项工程也包括拉韦纳沼泽的排水项目，自从亚得里亚海舰队驻扎在那里[54]，这个城镇变得日益重要。

罗马的排水和河流管理项目并没有局限在意大利境内。军队在罗讷河的一个河口开凿运河，目的是为了保证能定期向海外派遣军队[55]。显然，这条运河在 1 世纪淤塞了。然而，阿尔勒始终是重要的要塞城镇，为内陆航运提供了便利的交通。4 世纪，由于忽略了排水，高卢地区的低地的人们怨声载道[56]。

在不列颠，罗马人试图开垦沼泽。他们建筑堤防来保护沃什地区平坦的低湿地免遭海水的侵蚀，修筑其他堤防把蒙茅斯郡阿斯克河河口的沼泽地围起来。他们还建了一条 8 英里长的运河，将剑桥下游的剑河与圣艾夫斯和伊利之间的乌斯河中段联系起来。从宁河的彼得伯勒到林肯郡南边 3 英里处的威特姆，建造了另一条长 25 英里、宽 60 英尺的运河。福赛大堤则连接了威特姆河和特伦特河，沿着 30 英里长的岸边建造了一条 60 英尺宽的堤道[57]。

680

12 年，德鲁苏斯（Drusus）在荷兰克利夫西部的莱茵河铺设了防洪堤，阻止过量的河水流过瓦尔河，避免莱茵河和瓦尔河之间的南部区域洪水泛滥。他在莱茵河和伊萨尔河之间挖掘了一条运河，以调节莱茵河过剩的水[58]。大约 45 年，在这片后来被海牙占领的地区，科尔布洛（Corbulo）挖掘了一条 23 英里长的运河，把莱茵河和默兹河连接起来[59]，他的船队由此有了安全通道，不用再走海路了。

19.10 中世纪的灌溉和排水

在西班牙和西西里岛，阿拉伯人大面积扩大灌溉土地。西班牙的摩尔人知道如何排出河流中的水，如何利用分支水道有效地分配现有的水来灌溉土地。在托莱多的大起重轮，可以追溯到他们这个时代。1085年，重新夺回托莱多的基督徒接受了这项技术。到13世纪时，埃布罗河谷可灌溉土地的面积大大增加。鲁西永[1]（法国东南部）受阿拉伯影响很深，11—12世纪引进了灌溉方法和灌溉作物，到13世纪，灌溉作物用的水道、水车和水磨系统已经非常发达。12世纪，在意大利的伦巴第出现了灌溉工具。100年后，在埃米利亚也出现了灌溉工具。约1150年，米兰附近的西多会修士开始把城市垃圾和下水道排出的水作为土地肥料。大约14世纪，出现了灌溉草地。

阿拉伯人也对各种水车的传播有一定贡献，有时西方人用阿拉伯或波斯名称来称呼这些水车。从西方早期关于这类机械的术语中，可以看出许多埃及、阿拉伯、柏柏尔及波斯的经典传统因素，它们通过西西里岛和西班牙向西和向北传播。6世纪，西班牙园艺匠使用桔槔来汲水。这种技术逐渐向北传播，14世纪传到了日耳曼和佛兰德（图620）。

从10世纪开始，由于在诺曼底和缅因采伐森林，法国的农田面积大幅扩大，农田扩展过程又延续了两个世纪，在圣路易统治时期（1226—1270）达到顶峰，形成了真正的开垦时代。然而，整个欧洲最重要的可耕地并非来自森林，而是来自沼泽地和河流，排水是主要因素。沼泽地排水主要是在埃斯科河、默兹河和莱茵河的交汇口的低地国家发展起来的，排水技术在12世纪向东传播，首先传到易北河西部低地，然后传到这条河的东部。有关排水技术发展最好的研究对象是佛兰德和荷兰的4个沿海省份，分别是泽兰、荷兰省（最初是德雷赫特附近行政区的名字）、弗里斯兰和格罗宁根[60]。对于罗马帝国时

1　大部分地区属于现在的东比利牛斯省。



图 620　佛兰芒斯农场中的桔槔。出自勃鲁盖尔的雕刻，约 1550 年。

期这一地区的情况，曾经到过这里的普林尼有详细的描述：

在这块土地上，大海的潮水每天早晚两次淹没了漫漫无际的土地，在这一时刻，不仅结束了大自然常年的争吵，也吞没了这一片不知道是属于海洋还是属于陆地的地区。当潮水最严重时，这个不幸的民族只占据着一小块高地，或是高于海潮的人造平台，生活在这些高地上的茅屋中，就像是船上的水手，周围是一片汪洋大海[61]。

这样的场景仅仅是部分情况，因为在公元前 1500 年到 500 年这一段较干旱的时期，低地国家的一些地方受海洋侵蚀较少。普林尼提到的高地，则是由居民区的废物长年积累而成的。从 500 年起，气候变得潮湿，陆地每世纪下沉大约 10 厘米，情况变得很糟。这一地区本来就有的高丘被人为堆高，用来抵御洪水(第 I 卷，边码 322)。这样的高丘约有 1260 个，面积 5—40 英亩不等，展开面积总共有 60 英里 ×12 英里。随着海洋进一步侵蚀，洪水变得更频繁了。一开始，

682

在危险地段筑一些堤防就够了。早在7世纪，有些堤防就已经建好。到公元1000年，受到堤防保护的弗里斯兰相当安全。在佛兰德和泽兰，陆地逐渐被人们从海洋中夺了过来。首先，海藻自然而然地把盐碱滩和泥泞地连成一片，接下来是湿地圣彼得草（*Salicornia* spp）和滨草（*Ammophila arenaria* L）逐渐长满了海滩。周期性的潮水对长草的海滩影响很小，这种海滩可以用来牧羊。渐渐排干形成的陆地可以用来耕作，或者用来放牧牛马。那里的草很茂密，是各种家畜理想的生活场所。于是，开垦土地成为佛兰德伯爵们的一项基本政策。从12世纪起，他们同意把依然受潮水影响的新陆地赠给海浸区的寺院和教会。

欧洲的其他地方像这里一样，土地开垦由宗教议会倡导并领导进行。因此，本笃教会的修道士对鲁西永、圣通日、缅因、法兰西岛大区和巴伐利亚的灌溉产生了很大影响。普雷蒙特雷修道士（Premonstratensians，即White Canons）和西多会修道士则向北方开垦更多的荒地，主要区域在德国的莱茵河和易北河之间，包括萨克森和图林根，最后发展到劳济茨和巴伐利亚。

683

到10世纪，荷兰人已经积累了相当多的土地开垦经验。他们的技能传到了其他地区，早在1106年，不来梅的大教主弗雷德里克（Archbishop Frederick）就召集荷兰移民来开垦辖区内的沼泽。然而，人们应该承认的是，尽管作出很大努力，1500年之前失去的土地还是远远多于得到的，这很符合早期的实际情况。由于陆地下沉，海洋侵蚀了越来越多的土地。例如，艾琴湖大约在1300年达到最大面积。1287年10月14日，这一地区的一场暴风雨致使5万多人被淹死。没过几年，那里的人再次遭遇危难。

逐渐地，人们筑堤围住受海水威胁的土地，这就形成了圩田（图621)。被开垦的土地在退潮时通过水门和水闸将水排入海里，水闸在涨潮时可以关闭。这种排水法的主要原理是缩短海岸，封闭海湾、小

溪和豁口。早在13世纪，荷兰北部的某些海湾已经开始筑坝，以前的海坝这时变成了内坝。1300年后不久，围绕西弗里斯兰省的大坝就已筑成。到这一世纪末期，荷兰南部的大部分地方被堤坝保护起来。泽兰也用同样的方法获得土地，它在1200—1500年间获得并控制了超过28.5万英亩。

海不是排水工程师唯一的敌人。随着城市的崛起，人们在海岸后面的低地挖掘泥煤，由此形成的浅湖也侵蚀着土地。这些浅湖也需要筑坝、排水，恢复成农田。保留下来的水坝变成了一种新型的围圩，这里的村庄建在堤坝上，或者远离古代的湖。1500年之后被开垦的圩田，最初就是湖底，后来村庄就建在上面。

15世纪前，人们把含盐基质产生的泥煤烧成灰，滤去灰就制得了盐。卡洛林王朝之前很早就有这种制盐法，泽兰的一些城镇和北海沿岸向东远至石勒苏益格的地方因贩盐而富裕起来。16世纪时，政

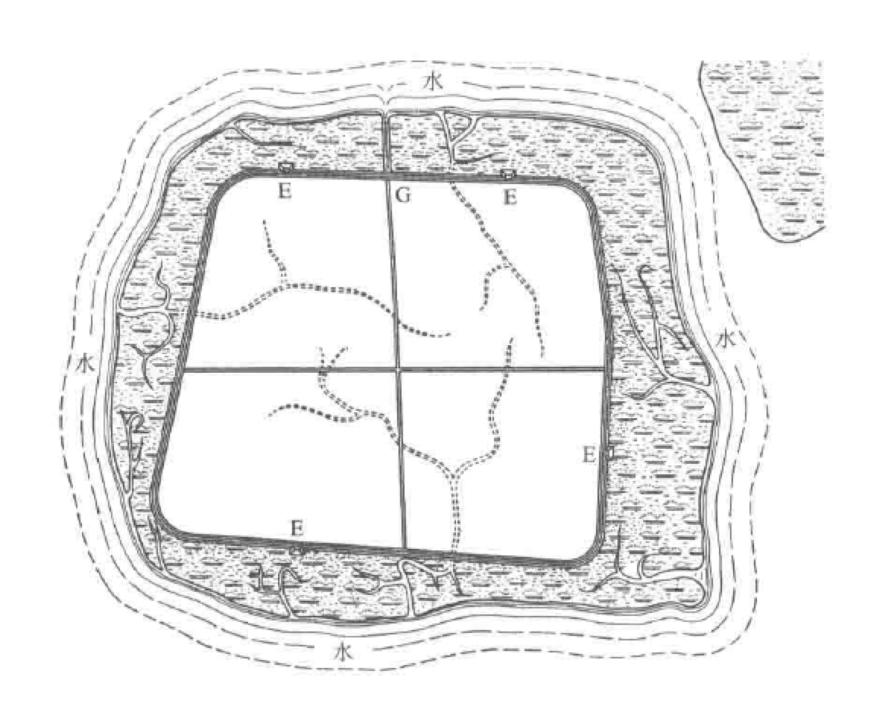


图621　开垦地的简单草图。
两条笔直的直角相交沟渠穿过由堤防围起来的开垦地。G是一个活动门，开垦地里的水在退潮时可以通过它流出去。E是修补堤坝用的泥土和黏土堆。范迪卡吉（Tractaet van Dyckagie）1579年基于维尔林（Andries Vierlingh）的手稿绘制。

府限制烧制泥煤，并在1515年颁布法令予以禁止。挖泥煤毁坏了良田，抬高了地下水位，往往使圩田受到威胁。对从前的海堤——现在的内陆堤——的毁坏也威胁着陆地，这些行为在1595年都被禁止。此外，变幻的水流尤其是落差很大的退潮，经常使那些不够牢固的堤坝受到威胁。从前属于个人行为的堤坝建造，现在变成了有计划、有组织地把海水限制在海湾的尝试。

684 当时，堤坝和圩田的建造和维护已经成为一种社会责任，因为承担的责任与其分得的土地相一致。由于人们在排水及排放圩田水方面相互合作，让水流经公共闸门直接泄入海里，或者先排入筑坝的海滩或溪流，然后再从那里泄入海里，逐渐出现了越来越多的圩田。人们通过组建兄弟会或商号来加快工作，逐渐赢得了当局的支持。到1500年，征服海洋已经有了足够的动力，市政厅可以宣布制定筑堤和开垦土地的有关宪章。当陆地被保护起来后，因挖掘泥煤所形成的内陆湖泊就成了直接的威胁，商人们便结成同盟来进行治理，开垦由此获得的农田。埃格蒙特伯爵拉莫雷尔(Lamoral, 1522—1568)率先设计了一个更系统的改造荷兰北部湖泊的计划，因为积累了建造堤坝的知识，而且引入了由风车驱动的铲轮抽取低海拔圩田的雨水和渗流水，685 他的成功便有了可能性。

19.11 堤坝、风车和水闸

中世纪最早的堤坝只是简单地用泥石块堆积起来，依靠牛或马将泥石块踩踏压实。堤坝的地基被仔细地除去植被，堤坝的前面一般都有一段海滩。一些堤坝——主要在泽兰——在土基的斜面上再覆盖了一层黏土，有些堤坝还有阶梯形的斜坡，1∶1.5的缓坡上附有黏土，可以种上草。临海的坡需要特别保护，14世纪时的方法是把成捆的海草纵向排列在堤坝上，逐级排到顶端(图622)。海草由于自身的重力紧密地堆挤在一起，逐渐腐烂过程中放出的热会使海草渐渐硬

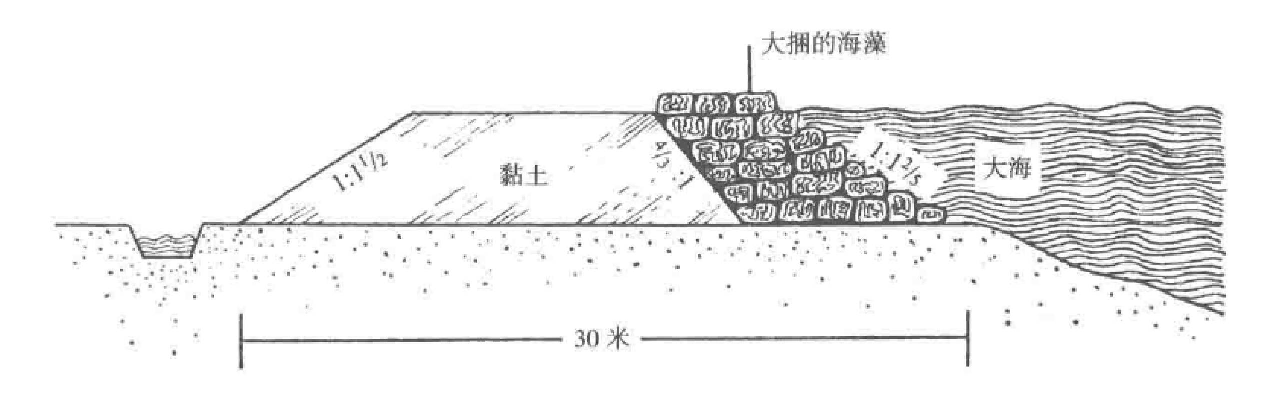


图 622　中世纪泽兰的典型堤坝。其核心是泥土和黏土，成捆的海草则沿海边那一头堆放。海草渐渐地形成了坚固的护堤，保护着核心部分。来源于维尔林的作品，1579 年。

化。在泽兰和其他没有海草的地方就用芦苇，所谓芦苇堤就是堤坝前密密种上一片芦苇，这个保护层的强度取决于芦苇的长度。芦苇不可能压紧，而且容易腐烂，大约每隔 5 年左右需要更新一次。15 世纪时，出现了一些能持久保护堤坝的方法，例如打桩。1440 年，从阿姆斯特丹到默伊登的堤坝就是用这种方法来保护的，其他堤坝随后纷纷模仿。木桩也可用作防波堤，它们一般长 7—10 米，直径 30 厘米。用 686 两个铁架和铁条拴在一起。15 世纪末，开始使用一种新型的护堤方法，打两排相隔几英尺的短木桩，中间填满成捆柴薪，再用石头压紧（图 623）。这是后来柴笼作业的最早形式。

一旦防止海水侵蚀的尝试取得成功，又冒出了新问题，那就是必须定期排干雨水和渗水。在早期，运河把沟渠中多余的水收集起来，随落潮泄入海里，或者采用逐级泄入的方式，先泄入筑坝的海湾或运 687 河系统，然后再泄入大海。闸门和建在运河或堤坝上的堰，起的就是这个作用。当然，运河上的堰是航运的障碍，船必须用卷扬机或人力拉起来越过堰，货物往往要从一艘驳船换到另一艘驳船。有时，船的升降机是一个斜面，船在斜面上拉动（图 624）。在荷兰的一些地方，这种情况至今仍然存在。圩田中过剩的水一般从堤坝通过管道流出，管道可以用活动的、不漏水的闸门关闭，铰链可使阀门上下移动。这 688 种最早装在堤坝上可在木柱间移动的闸门，中世纪早期是固定在砖石

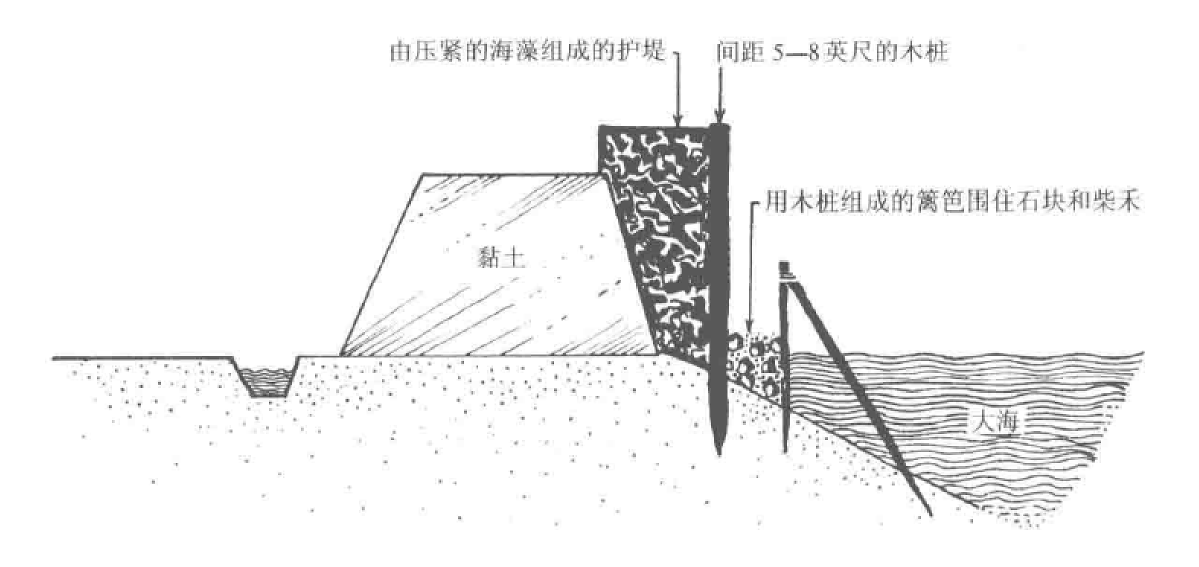


图 623　中世纪堤坝的另一种类型，这里核心的黏土层一方面被压紧的海草堆保护着，另一方面被石头和柴捆组成的墙保护着。源于维尔林的作品，1579 年。

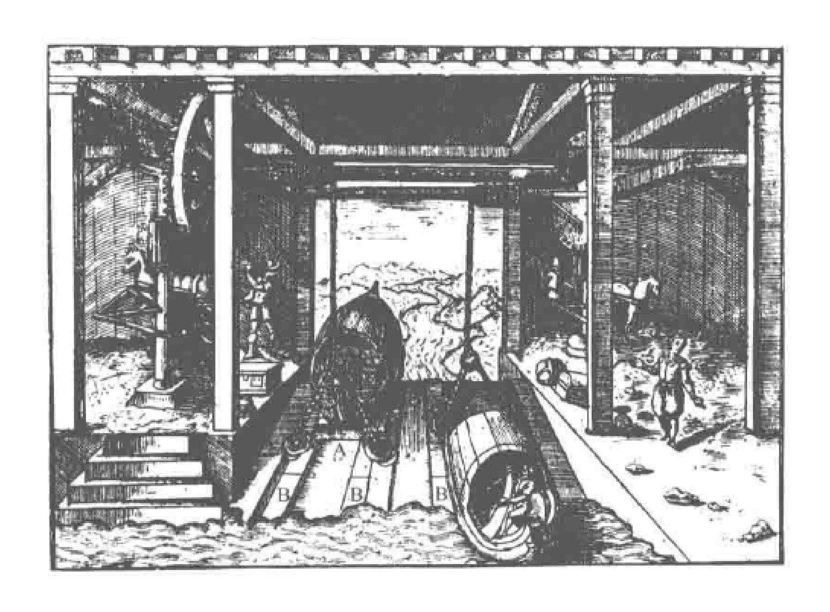


图 624　在运河中将小船从一个高度移到另一个高度的起重设备。小船被拖到平台 A 上，用马拉的绞盘将它向上抬升，或者放在倾斜的平台 B 上将它下移到另一个高度。宗卡，1607 年。

中的。

由于运河系统对贸易发展变得日益重要，在 85% 的商品仍靠水上运输的地区，寻找比斜面或闸门更有效的运输方法变得很有必要。提升式船闸满足了这一需求，它每一边都有一个带闸门的隔间，可以使闸室的水位从一个高度升降至另一个高度（图 625）。对于中世纪低

地国家的闸室式船闸和提升式船闸的技术细节，我们几乎一无所知，不过运河和提升式船闸是12世纪后才在佛兰德和荷兰省建起的，这一点毫无疑问。里尔这条小河的水闸早在1236年就建成了，船只通过这些闸门可以进出布鲁日。看起来，它最初由一系列木制提升式船闸组成，但在1394—1396年间用石头进行了重建，并带有海水闸门、淡水闸门和石制地板。这些凹进的石材中有可以上下滑动的门，用铅垂来平衡(图626)。哈勒姆附近的斯帕伦丹坝的提升式船闸至少早在1253年就已建成，但被1277年的洪水摧毁了。1285—1315年间重建时，它被改成了3个垂直升降的闸门，1567年又改成了3套斜

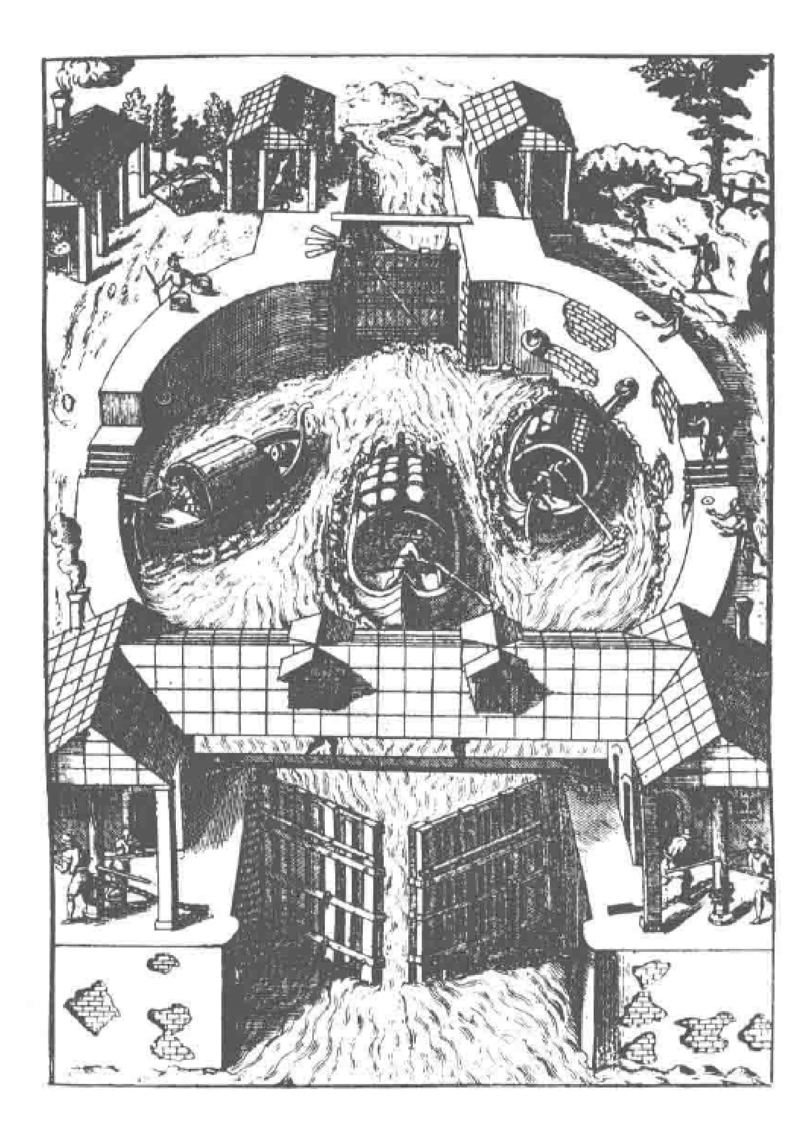


图625　在河流中将驳船由一个高度移到另一个高度的闸室。(中)下游闸门朝相反方向打开。注意观察移动闸门的绞盘。这里没有注满和排空闸室的水闸。宗卡，1607年。

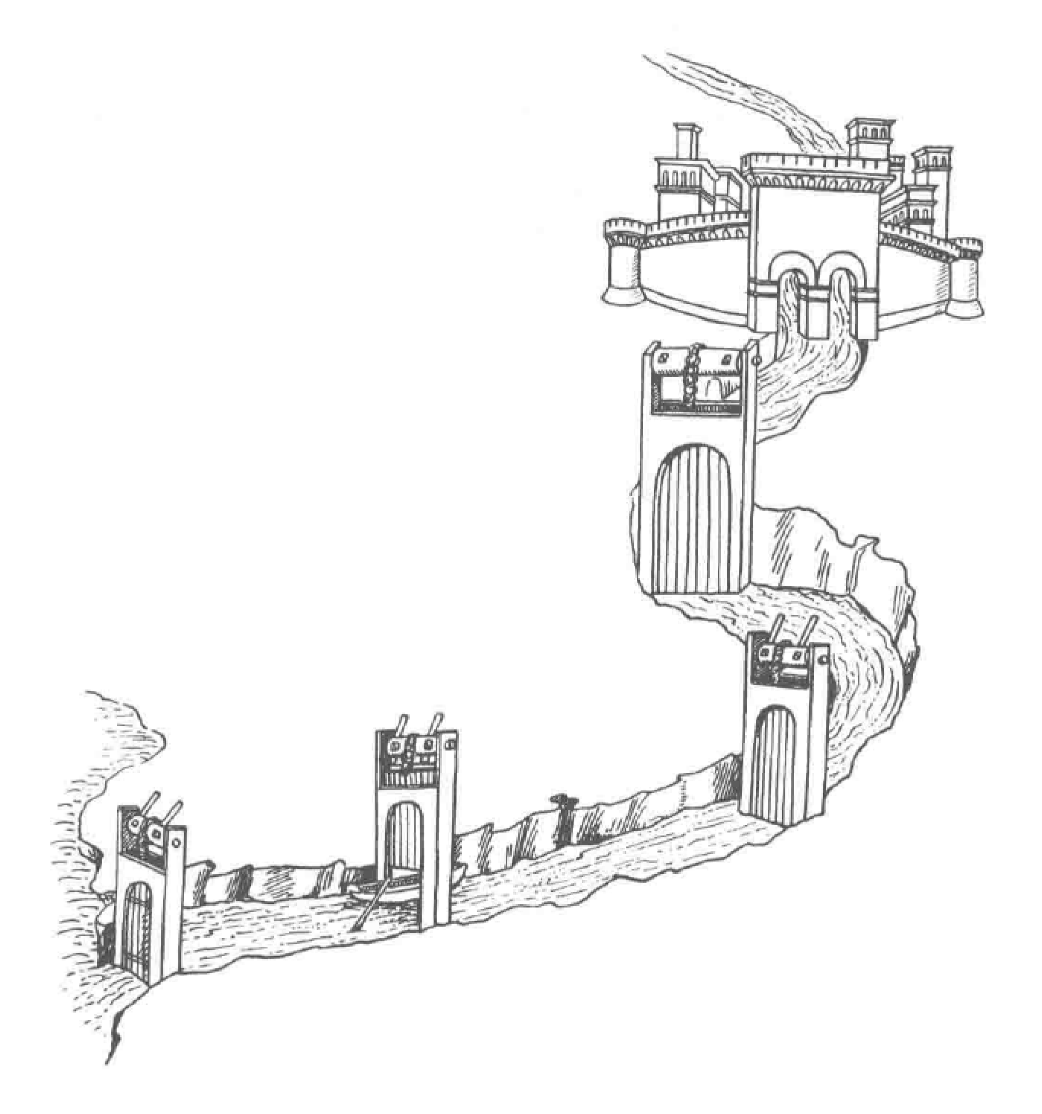


图 626　河流被一系列不同高度的垂直拦水坝分割。当一个闸门打开时，小船必须努力穿过急流。出自一部 15 世纪意大利水利工程的手稿。

接面的闸门。这种闸约 3 英尺宽，给“出海的船只提供了方便的航程”。从 14 世纪开始，由于运河更频繁地用于航行，水闸和船闸开始广泛推广。

只要存在围海造田的开垦地，溢水道和水闸就有用武之地。退潮的时候，从较低的水位——例如古代圩田形成的湖——不可能通过自然流动将水排出，因此需要抽水机。有时新圩田太深，必须用一系列风车把水逐级抽出来（图 627）。在被蒸汽机（1787 年）代替之前，风车就一直用于驱动抽水机械。到 1400 年，荷兰有很多沼泽地使用风车，但阿姆斯特丹北部甚至到 1514 年才只有 8 个，因为那里的湖泊排水

689

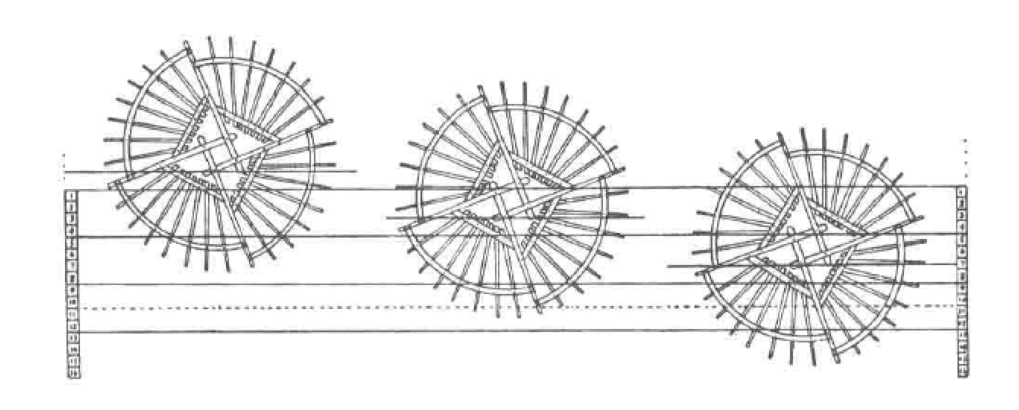


图 627　3 个斗式水车组成一组为开垦地排水，由荷兰工程师利格沃特(Leeghwater) 绘制。约 1610 年。

工程尚未开展。新型沼泽地风车是旧式的碾磨谷物的（图 562）单柱式风车的改进型，其中最早的一个建在斯洪霍芬附近的邦里帕斯圩田中。这种风车非常有效，到这一世纪末期，只要 17 台沼泽地风车就能把水抽到弗里特运河。

沼泽地风车在立柱上转动，一边的风矢杆和风叶片同另一边的尾杆和梯子保持平衡，这样就容易承受风力。马驱动的铲轮是否早于沼泽地风车，我们不得而知。使用风力之前，仍然有一些低地国家使用马驱动的阿基米德螺旋。15 世纪时，这些螺旋被连在沼泽地风车上。在 16 世纪末的斯台维努（Stevinus）时代，螺旋的角度一般是 30°，直径 1.5—1.8 米。当转速达到寻常的每分钟 40—50 转时，能将水提升 4—5 米，每分钟约可抽水 40 立方米。事实上，16 世纪是对被淹地和沼泽地进行大改造的时代。

船闸在低地国家的发展和在意大利的出现（边码 657），这两者之间的关系仍然是个谜。但是，它们在建造中的某些区别与运河在两个国家的不同作用相关。

19.12　中世纪的供水

随着帝国的衰落，中央机构的缺失造成公共资金不足，从而导致公共服务设施的衰退。公共服务由市民或市政当局来组织，罗马服务

系统的残迹只在某些大城市的中心才能看到。17世纪早期，引水管一般由主教来掌管。大部分情况下，城镇只能依靠当地的水井、泉水和河水供水。例如，萨尔茨堡大主教们要靠使者每天运送才能喝到新鲜泉水。普通市民有私人井或蓄水池，或利用城镇的井和喷泉取水，公共喷泉和井中的水由专职送水员来分送（章末补白图，边码187）。城镇中的井备有水桶和绞盘，如果水离地面较近，就用带有配重锤的桶汲水。很多城镇把木桶换成铜桶，因为后者更容易擦干净。

690 由于忽视了对下水道和街道清洁的有效监督[62]，这些地方的卫生状况远达不到罗马帝国的标准。在罗马帝国，即使远离城市的地方也能用上清洁水。用于贮备雨水的井经常建在低洼地，紧挨着污水坑和厕所，导致传染病迅速蔓延。在街道中间的排水沟中满是垃圾，从屋顶流下的雨水不能及时排掉，不常修整的街道经常布满泥洼，猪和其他动物的排泄物从那里渗入井和私人宅地[63]。

691 在巴黎，当奥古斯塔斯（1180—1223）在约1190年建筑城墙时，情况开始有所好转。此时，圣劳伦修道院在普雷圣热尔韦建有水库，收集罗曼维尔的泉水。建城墙时，水便被用铅管运送到巴黎[64]。圣马丁修道院进一步修复了1100米长的贝尔维尔石砌旧引水管，主要分水管通向公共喷泉。菲勒迪奥女修道院第一个得到允许，可以用管道把水从公共分水管接到修道院来（1265年）。很多贵族和商人跟着效仿，违法分接变得非常频繁，不得不制定法令（1392年）予以制止。

1404年，查理六世（Charles Ⅵ）采取措施防止塞纳河污染。此时，市民们开始关心供水的充足和卫生。1457年，商会会长承担了贝尔维尔引水管大约200米长度的修理费用。

中世纪很多城镇都经历了这样的发展。在坎特伯雷，大教堂建有完善的供水系统（图628）。某些城镇还保留着经过整修的罗马的旧引水管。其他城市——例如普利茅斯——建有简单的引水管，把

水从泉中或河中运送到城镇，康斯坦茨湖，则用管道从泉眼引水。15—16世纪，水泵的出现完全改变了这种现状(边码654)。抽水的尝试很早就开始了，因为机械不完善而失败。直到15世纪末，由下射式水轮驱动、直径5—6.5米的活塞泵才出现在德国南部城镇。

中世纪后期，市政当局和市民组织取代神职人员来负责供水，掘井的费用由整个城镇或“井同盟”组织来承担。后者一般只为自己的

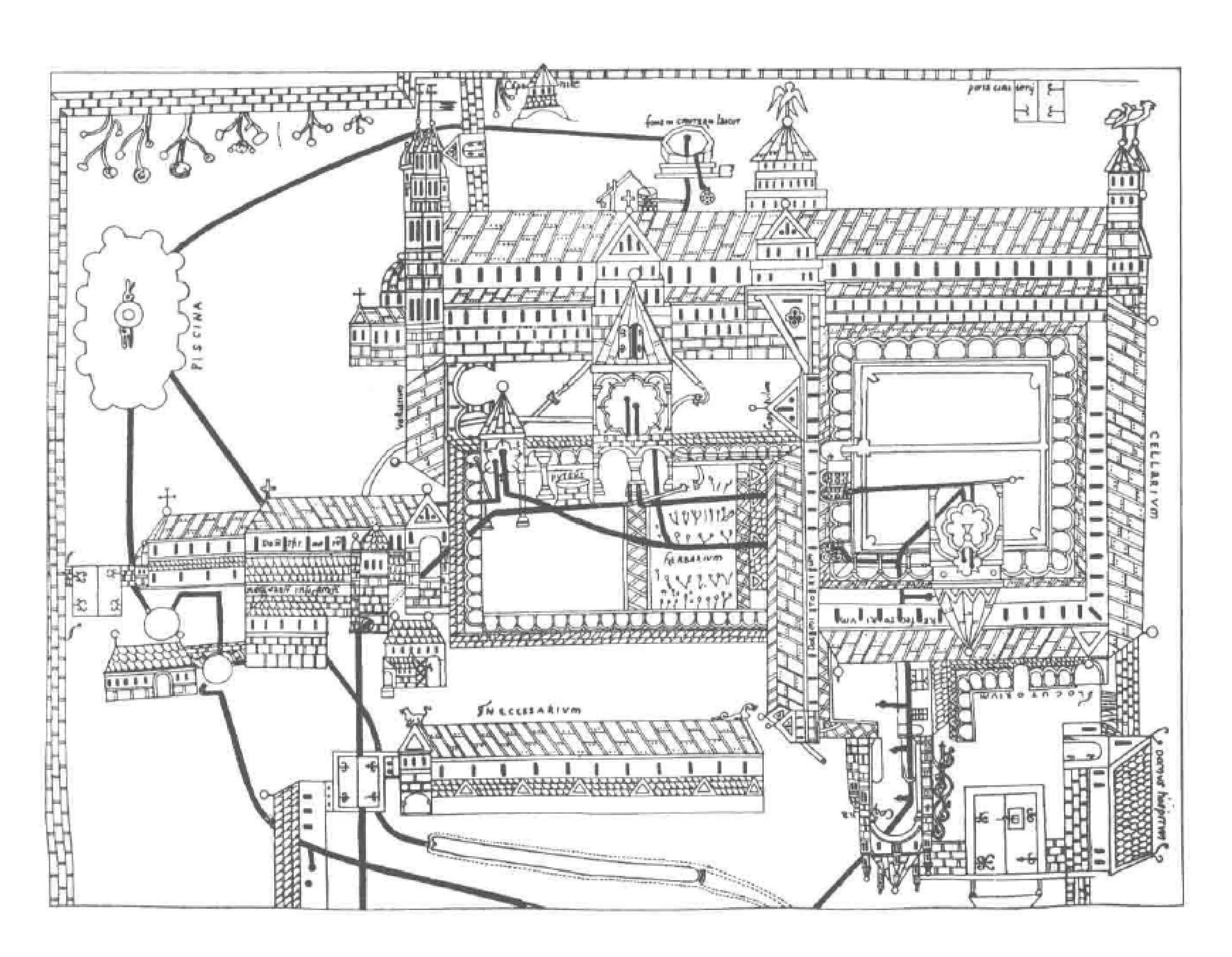


图628　12世纪坎特伯雷大教堂和小修道院带有给排水系统的部分规划。
规划图的上部是南面，下部是北面。该部分没有画出向北面延伸到城墙和距离教堂的中央塔楼0.75英里远的水源地。水从那儿通过一个沟渠房、铅制的管道、5个沉淀水槽，穿过城墙到达大教堂的区域。图中的黑线部分表明输送管道在教堂内部和附近的路线。注意蓄水池（例如在中央带有一对标准管道的八瓣形水池，在修道院右侧有一个与此类似但小一些的水池，以及在中央塔附近的世泉）贮存了部分来自水管的水。部分流入鱼塘中的水用来冲刷厕所，并最后泄到城镇的沟渠中。注意修道院、世泉和上面水源地中的天然水井。当主系统失效时，就用它们来代替。排水系统用简单的双线来表示。雨水也被导入该系统中。右侧的修道院周围和教堂主建筑的突出部分可以看到水槽。我们认为，该规划图是1153年由完成该系统的工程师在它完工后不久画的。

成员服务，把穷人的供水问题留给城镇解决，如果被要求出钱用于公共服务，他们就会怨声载道。主要分水管的实际建筑和维修经常掌握在专职掘井人手中，但是他们对供水规划相当不熟悉。

14 世纪，弗兰得斯的城镇是西方世界最富有的地区，那里实施净化水和食物的法令，从而树立了一个好榜样（章末补白图）。1348 年以及接下来几年中的黑死病，更强化了这种卫生措施。黑死病的教训促使英国颁布了第一个城市清洁卫生法案（1388 年），禁止把污物和垃圾扔进沟渠、河流和水域中。

接近中世纪末，开始出现供水的科学方法。诗人基耶塞（Konrad Kyeser）在他的第三部书《战争防御工事》（*Bellifortis*, 1405 年）中，通篇讲述了水利和供水。与他同时代的丰塔那的乔瓦尼（Giovanni da Fontana）不仅描写了引水管（1420 年），而且还建议用蒸汽机把水从井中提出。显然，他们是重力流系统向压力系统转变的先驱。

692

相关文献

[1] Vitruvius *De architectura*, VIII, i, ii. (Loeb ed. Vol. 2, pp, 136 ff., 1934.)

[2] Jacobi, H. *Saalburgjb.*, 8 , 32–60 (esp. 36), 1934.

[3] Pomp, R. *Technikgeschichte*, 28 , 159, 1939.

[4] Forchheimer, P. and Strzygowski, J. 'Die byzantinischen Wasserbehälter von Konstantinopel.' Byzantinische Denkmäler (ed. by Strzygowski, J.), Vol. 2. Mechitharisten-Congregation, Vienna. 1893.

[5] Heierli, J. *Anz. Schweiz. Altertumskunde*, new series, 9 , 265, 1907.

[6] Evans, Sir Arthur. 'The Palace of Minos' , Vol. 2, Pt. II, pp. 462 f.; Vol. 3, p. 253, fig. 173. Macmillan, London. 1928; 1930.

[7] Vitruvius *De architectura*, VIII, vi, 10–11. (Loeb ed. Vol. 2, p. 188, 1934.)

[8] Strabo XV, C 707. (Loeb ed. Vol. 7, p.82, 1930.)

[9] Feilberg, C. G. in *Øst og Vest* (Festschrift for A. Christensen), 105, Munksgaard, Copenhagen, 1945.

[10] Caton-Thompson, Gertrude and Gardner, Elinor, W. *Geogr. J.*, 80 , 382, 1932.

[11] Schmassmann, H. W. *Ciba Rdsch.*, 91 , 3357, 3375, 1950.

[12] Herodotus III, lx. (Loeb ed. Vol. 2, p. 76, 1921.)

[13] Wiegand, E. *Gas-u. Wasserfach*, 76 , 513, 1933.

[14] Bernardi, M. 'L' igiene nella vita pubblica e nella vita privata di Roma.' Del Bianco, Udine. 1941.

[15] Strabo III, C 146. (Loeb ed. Vol. 2, p. 40, 1923.)Pliny *Nat. hist.*, XXXIII, xxi, 74–76. (Loeb ed. Vol. 9, pp. 56 ff., 1952.)

[16] Benoît, *F.* Rev. archéol., sixième série, 15 , 19, 1940.

[17] Diodorus XX, xxxvi, 1–4. (Loeb ed. Vol. 10, p. 236, 1954.)

[18] Frontinus *De aquae ductu*, 1, 6, 7. (Loeb ed., pp. 342 ff., 1925.)

[19] Livy XL, li, 7; XLI, xxvii, 11–12. (Loeb ed. Vol. 12, pp. 28, 158, 1938.)

[20] *Res gestae divi Augusti*, iv, 20. (Loeb ed., p. 376, 1924.)

[21] Pliny XXXVI, xxiv, 122.Suetonius *Vitae XII Caesarum*, V: *Claudius*, xx, 1. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 36 ff., 1914.)Frontinus *De aquae ductu*, I, 14. (Loeb ed., pp. 354 ff., 1925.)

[22] *Corpus inscriptionum latinarum*, III, 549, 709, 1446; IX, 5681; XIV, 2797.Pausanias VIII, xxii, 3. (Loeb ed. Vol. 4, p. 4, 1935.)

[23] Dalman, K. O. 'Der Valens-Aquädukt in Konstantinopel.' Istanbuler Forschungen, 3. Archäol. Inst. dtsch Reich, Abt. Istanbul, Berlin. 1933.

[24] Strabo XVII, C 807. (Loeb ed. Vol. 8, p. 86, 1932.)

[25] *Papyrus Londinensis* 1177 in 'Greek Papyri in the British Museum' (ed. by Sir Frederick G. Kenyon and Sir Harold I. Bell), Vol. 3, pp. 180 ff. Trustees of the British Museum, London. 1907.

[26] Weber, G. *Jb. dtsch. Archäol. Inst.*, 19 , 86, 1904; 20 , 202, 1905.

[27] Stübinger, O. 'Die römischen Wasserleitungen von Nîmes und Aries.' *Z. Gesch. Archit.*, 3. Beiheft. Heidelberg. 1910.

[28] Samenreuther, E. 'Römische Wasserleitungen in den Rheinlanden.' 26. Bericht der Römisch-Germanischen Kommission. 1938.

[29] Vitruvius *De architectura*, VIII. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 132 ff., 1934.)

[30] Herschel, C. 'The Two Books on the Water-supply of the City of Rome by Sextus Julius Frontinus' (2nd ed.). Longmans, Green and Co., London. 1913.

[31] Frontinus *De aquae ductu*, I, 16. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 356 ff., 1934.)

[32] Léger, A. 'Les travaux publics, les mines et la métallurgie aux temps des Romains' , pp. 551–676: 'Aqueducs.' Librairie Polytechnique, Paris. 1875.

[33] Pliny *Nat. hist.*, XXXI, xxiv–xxv, 41–42. Statius *Silvae*, I, v, lines 23 ff. (Loeb ed. Vol. 1, p. 60, 1928.)

[34] Frontinus *De aquae ductu,* II, 78–87. (Loeb ed., pp. 406 ff., 1925.)

[35] *Idem Ibid.,* I, 24–63. (Loeb ed., pp. 364 ff., 1925.)

[36] *Idem Ibid.,* II, 75, 112–16. (Loeb ed., pp. 404, 442 ff., 1925.)

[37] Kobert, R. 'Chronische Bleivergiftung im klassischen Altertum' in Diergart, P. (Ed.). 'Beiträge aus der Gescbichte der Chemie' (Memorial Volume for Georg W. A. Kahlbaum), pp. 103–19. Deuticke, Leipzig, Vienna. 1909.

[38] Vitruvius *De architectura*, VIII, iv, 1–2. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 176 ff., 1934.)

[39] Trillat, A. *C.R. Acad. Sci.,* 162 , 486, 1916.

[40] Herodotus I, clxxxviii. (Loeb ed. Vol. 1, p. 352, 1920.)

[41] Vitruvius *De architectura,* VIII, vi, 15. (Loeb ed. Vol. 2, p. 192, 1934.)

[42] *Idem Ibid.,* X, i, 4. (Loeb ed. Vol. 2, p. 276, 1934.)

[43] *Idem Ibid.,* X, iv, 1–2. (Loeb ed. Vol. 2, p. 302, 1934.)

[44] Diodorus I, xxxiv, 2. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 112 ff., 1933.)Vitruvius *De architectura*, X, vi, 1–4. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 306 ff., 1934.)

[45] Diodorus V, xxxvii, 3–4. (Loeb ed. Vol. 3, pp. 196 ff., 1939.)

[46] Price, F. G. H. *Proc. Soc. Antiq. London,* second series, 16 , 277, 1897.

[47] Ashby, T. 'The Aqueducts of Rome' , pp. 46–47. Clarendon Press, Oxford. 1935.

[48] Brunhes, J. B. 'L' irrigation, ses conditions géographiques, ses modes et son organisation dans la Péninsule Ibérique et dans l'Afrique du nord.' Naud, Paris. 1902.

[49] Kenny, E. J. A. *Ann. Archaeol. Anthrop.,* 22 , 189, 1935.

[50] Diogenes Laertius VIII, lix–lx, lxx. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 374, 384, 1925.)

[51] Léger, A. See ref. [32], pp. 415–25.

[52] Tacitus *Annales,* XII, lvi. (Loeb ed. Vol. 3, pp. 396 ff., 1937.) Suetonius *Vitae XII Caesarum,* V: *Claudius,* xx, 1–2; xxi, 6. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 36 ff., 43 ff., 1914.)

[53] Strabo V, C 217. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 328 ff., 1923.)

[54] *Idem* V, C 213. (Loeb ed. Vol. 2, p. 312, 1923.)

[55] Plutarch *Vitae parallelae: Caius Marius,* xv, 1–4. (Loeb ed. Vol. 9, pp. 500 ff., 1920.)

[56] *Panegyrici* V (VIII), vi. ('Panégyriques Latins' ed. with French trans. by E. Galletier, Vol. 2, p. 94. Les Belles Lettres, Paris. 1952.)

[57] Tacitus *Annales*, II, viii. (Loeb ed. Vol. 2, p. 394, 1931.)*Idem Historiae,* V, xix. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 206 ff., 1931.)Suetonius *Vitae XII Caesarum*, V: *Claudius*, i, 1. (Loeb ed. Vol. 2, p. 2, 1914.)

[58] Hettema, H. 'De nederlandsche Wateren en Plaatsen in der romeinschen Tijd' , p. 105. Nijhoff, The Hague. 1938. Vollgraff, C. W. *Meded. vlaamsche Acad. Kl. Wet.,* 1 , 12, 555, 1938; 2 , 6, 141, 1939.

[59] Tacitus *Annales*, XI, xx. (Loeb ed. Vol. 3, p. 280, 1937.)

[60] Bijl, J. G. (Ed.). *Congr. int. Geogr., Amst.,* 1938.Cools, R. H. A. 'Strijd om den grond in het lage Nederland.' Nijgh, Van Ditmar, The Hague. 1948. Dibbits, H. A. M. C. 'Nederland-Waterland.' Oosthoek, Utrecht. 1950. Hérubal, M. 'L' homme et la côte.' Coll. Géographie humaine, no. 10. *Nouv. Rev. fianç.,*Paris. 1937. Van Veen, J. 'Dredge, Drain, Reclaim. The Art of a Nation' (4th ed.). Nijhoff, The Hague. 1955.

[61] Pliny *Nat. hist.,* XVI, i, 2–3. (Loeb ed. Vol. 4, pp.386 ff., 1945.)

[62] Sabine, E. L. *Speculum*, 9 , 303, 1934; 12 , 19, 1937.

[63] Thorndike, Lynn. *Ibid.,* 3 , 192, 1928.

[64] Parsons, W. B. 'Engineers and Engineering in the Renaissance' , pp. 240 ff. Williams and Wilkins, Baltimore. 1939.

参考书目

Ashby, T. 'The Aqueducts of Ancient Rome' (ed. by I. A. Richmond). Clarendon Press, Oxford. 1935.

Bromehead, C.E.N. 'The Early History of Water Supply.' *Geogr. J.*, 99 , 142–51, 183–96,1924.

Buffet, B. and Evrard, R. 'L' eau potable à travers les âges.' Solédi, Liége. 1950.

Calderini, A. 'Macchine idrofore secondo i papiri greci.' *R.C. Ist. Lombardo Sci. Lett.*, seconda serie, 53 , 620–31, 1920.

Ciba Z., 9 , no. 107, 'Das Wasser' , 1947.

Clark, J. G. D. 'Water in Antiquity.' *Antiquity*, 18 , 1–15, 1944.

Dupont, G. 'L' eau dans l' antiquité.' Geuthner, Paris. 1938.

Germain de Montauzon, Camille. 'Les aqueducs de Lyon.' Leroux, Paris. 1909.

Grimal, P. 'Vitruve et la technique des aqueducs.' *Rev. Philol.,* troisiè me série, 19 , 162–74, 1945.

Jacobsen, T. and Lloyd, H. F. Seton. 'Sennacherib' s Aqueduct at Jerwan.'

Univ. of Chicago Orient. Inst., Publ. 24. Chicago. 1935.

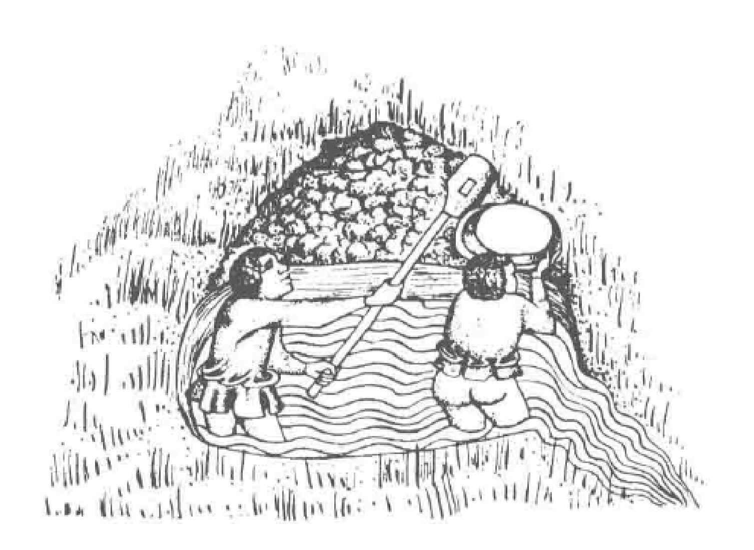
Laessøe, J. 'The Irrigation System at Ulhu, Eighth Century b.c.' J. Cuneiform Stud., 5 , no. 1, 21–32, 1951.

Luckenbill, D. D. (Trans.). 'The Annals of Sennacherib' , col. VIII, lines 22–48. Univ. of Chicago Orient. Inst., Publ. 2. Chicago. 1924.

Mahul, J. 'Les tuyaux de plomb, histoire et progrès de leur fabrication.' *Nature, Paris*, 65 , no. 3014, 503–10, 1937.

Robins, F. W. 'The Story of Water Supply.' Oxford University Press, London. 1946.

van Deman, Esther B. 'The Building of Roman Aqueducts.' Carnegie Institution, Publ. 423. Washington. 1934.



清除水道。出自一部15世纪的手稿。

第20章 军事技术

A. R. 霍尔（A. R. HALL）

695

这一章的主旨是简要描述为战争目的而运用的各种金属加工技术、机械制造技术和防御工事的建筑技术。这里所描述的地中海和西欧地区1000年来兴衰无常的国家，基本上都是好战的。他们繁荣与否取决于征服邻国的能力，取决于是否能抵御外族对其文明的侵犯，是否能保卫他们的贸易。一旦失去这种能力，他们就崩溃了。于是，波斯的强权让位于马其顿，马其顿又为西罗马所取代，西罗马的强权最终被日耳曼部落夺走。权力的每次转移，都发生在一方军事转优而另一方军事衰落之时。

在决定战争命运时，能使不同军队在不同时期获得战术优势的战地装备和技术技能极其重要。但是，我们决不要忘记指挥艺术、应用技术装备的技能、士兵的士气以及在战略战术上融会应用这些资源的智谋，它们才是更为重要的因素。因此，如果我们不了解关于进攻与防御方法的发展，也就是说不了解广义的战争艺术，就不能真正理解武器、铠甲、工事方面的变化。在战场上，中世纪的骑士和罗马军团截然不同，这种不同与其说是由于冶金技术发生了变化，不如说是由于作战方法发生了变革。

为便于论述，我们把这个时期划分为三个阶段，每一阶段都有自己的特点：(1) 希腊与马其顿阶段；(2) 罗马阶段；(3) 中世纪阶段。

在每个阶段，我们首先讨论手持武器和铠甲，然后讨论投掷武器，最后再讨论防御和围攻战。

20.1 希腊和马其顿时期（约公元前500—前200）

这一时期的手持武器——矛、剑和匕首——是人们所熟悉的（第Ⅰ卷，第22章）。像矛头这样的青铜武器在模子里铸造出来，铁器则要求铁匠的打造技巧。刚出熔炉的粗制铁块中含有很多矿渣和炉渣，需要重新加热和锻打才能除去杂质并增大强度。制作一件武器时，先要用凿子把铁切割成所需的形状，再在砧子上进一步锻打，接着用磨石打磨，然后把刀刃磨得很锋利。最后，通过渗碳（第Ⅰ卷，边码596）、淬火、回火使铁器变硬，并达到硬度与韧性的完美统一。

696

在公元前第二个千年的中期，军事技术的革命震惊了整个亚洲，那就是马被运用于轻便战车，军队有了新的机动性和推动力。在随后的1000多年中，战车以及后来的骑兵成为亚洲军队的“精英”。但是，希腊是小城邦而不是大帝国，地形不利于骑兵，（起初）也不存在职业士兵，因此情况有所不同。古希腊军队的核心是拥有重型装备的步兵和重甲步兵部队，他们排成八列横队，稳步前进以达到破敌的目的。重甲步兵注重保护自己，戴着护住鼻子和脸颊的青铜头盔，穿着青铜胸甲，绑着青铜护膝。士兵的左手通过皮带夹持起一面沉重的椭圆形青铜盾，以保护自己的左臂和左手，兵器则以铁制短剑和具有铁制尖端的9英尺长矛为主（图629）。

重甲步兵部队的侧翼是装备轻便的轻盾兵（最初是指希腊城中较贫穷的男性，他们负担不起防护盔甲的费用），在侦察敌情和追击方面很有用处，携带标枪作为投掷武器，只穿戴轻便的防护衣。轻盾兵得到的报酬比重甲步兵低，在军队中的地位也较低，基本是为钱而来的雇佣兵。除这两类兵种外，古希腊城邦还有少量马背上的贵族——他们从来都不属于在编的骑兵，以及少量的弓箭手和投石手。作为一

697

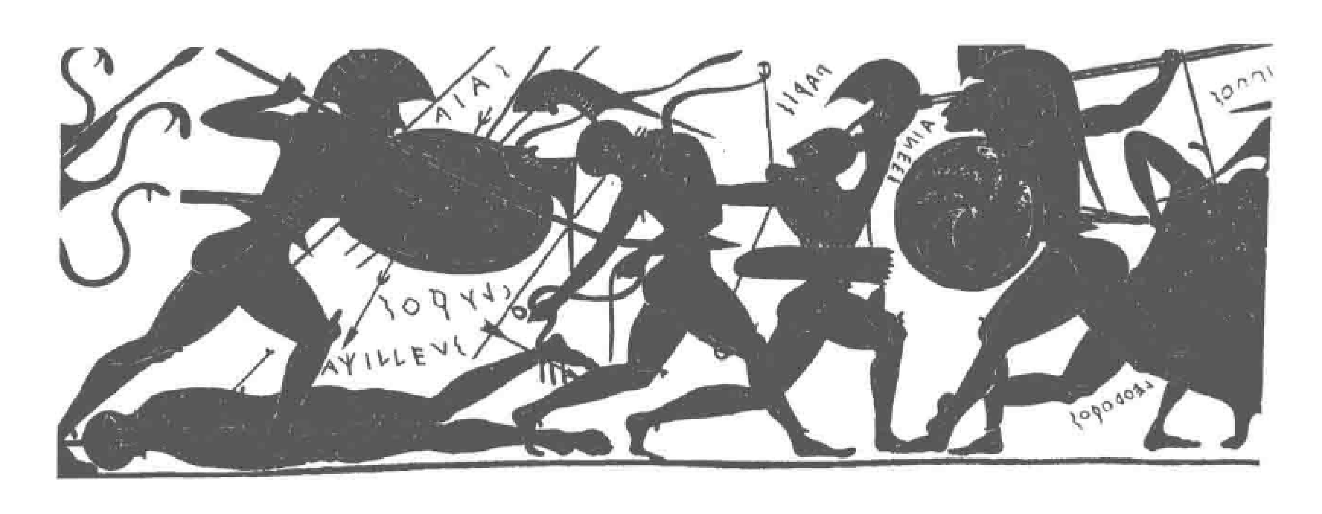


图 629　希腊早期的盔甲：阿喀琉斯（Achilles）之死。来自黑色图案的双耳细颈罐，公元前 6 世纪。

种亚洲武器，弓——特别是短式复合弓——从来都没有在古希腊和古罗马流行过。当尤利西斯（Ulysses）去参加特洛伊战争时，留下了没人能够拉开的巨弓，让妻子珀涅罗珀（Penelope）照看。像后来的巴莱里克岛民一样，克里特人和罗迪安人能非常熟练地使用弓箭和投石。但是，由于弓箭手和投手并不多，古希腊军队对于敌方不停下来等待与稳步前进的步兵交战的作战方式很是恼火。重甲步兵部队能否成功，取决于在把敌人成功地赶出其所占据的阵地之前，能否抵抗住骑兵和投掷武器的攻击。

古希腊军队战术的这些特点都体现在色诺芬描述的故事中，例如小居鲁士与他的兄弟阿塔泽克西兹（Artaxerxes）争夺波斯王位（公元前 401 年）的经过。小居鲁士的军队中除了亚洲人外，还有 9600 名希腊重甲步兵、2300 名希腊和色雷斯的轻盾兵，但总共只有 2600 名骑兵。在库那克萨的决战中，他的重甲步兵很轻易就包围了人数更多的波斯步兵，然而 6000 名波斯骑兵（其中一些为骑兵弓箭手）从旷野中杀来，冲垮了小居鲁士的后备队并把他杀死，希腊步兵也由此彻底孤立了。在那次著名的大撤退中，虽然步兵队形没有在激战中溃散，1 万名士兵却备受波斯骑兵和弓箭手的痛苦折磨，希腊人充其量只能组织起 50 匹马来装备使用铅弹的罗得岛投掷手。“居鲁士远征的教训就是，

如果希腊没有一支与以前所设想的完全不同的骑兵，就没有希望征服波斯军队。”[1]

吸取这个教训的不是希腊人自己，而是北部的邻居马其顿人，他们和赛萨利人(Thessalians)一样，是少有的在战争中大量使用马匹的欧洲文明种族。马其顿军队由腓力二世(Philip Ⅱ，公元前359—前336在位)组建，时间可能是在他统治的初期，核心力量叫作“亲随”骑兵，起初来自土地所有者阶层。多达2000人的“亲随”骑兵，通常由腓力二世的儿子、伟大的征服者亚历山大亲自统率，亚历山大是腓力二世的儿子。除“亲随”骑兵外，亚历山大远征军还有来自其他民族的6000名骑兵，其中包括被他击败的亚洲人。多达2.5万人的步兵被分为3个大军团。第一军团是训练有素的方阵部队，它们行动迅速，在战场上能够保持队形进行调动。方阵的纵深是老式步兵阵形的两倍，而且密度较小，为士兵提供了移动和施展兵器的较大空间。第二军团是持盾士兵，装备和功能与方阵部队没有不同。第三军团人数较少，亚历山大雇用装备有标枪、弓箭和投掷器的士兵组成轻装军团，他们在攻击战车和大象时特别有效。

698

“亲随”骑兵穿戴的护身服比步兵的重，戴头盔，武器是剑和长矛，没有盾。轻骑兵穿戴皮革护身服而非青铜护身服，携带更长的矛。重骑兵戴头盔、胫甲，身穿有金属防护板的紧身皮革甲衣，持小型盾牌和13英尺多长的重型长矛。

率领这样的军队，亚历山大征服了东方和希腊南部的已知世界。他能够在两个星期内驰骋400英里，情况紧急时可在3天内疾进135英里。他击败了数量多于他的骑兵和大象部队，从海路、陆路攻城拔寨。在战斗中，骑兵是他的主要攻击力量，步兵的主要作用则是守卫阵地，抵御敌方骑兵的攻击。但是，亚历山大赢得胜利靠的是他的军事理念，而不是蛮力，他的军队配备了各种武器，他知道什么场合该用哪个兵种。

依赖于人的臂力的投掷武器——标枪、弓箭和投掷器，在希腊的军事技术中从来没有占过主导地位。投掷武器对战争进程没有多大影响，因为携带标枪的轻盾兵属于散兵，而不是正规步兵。然而，波斯人用弓箭手打乱敌人的队形，然后用骑兵冲向敌群，使自己成为了西亚的主宰者。直到他们进入希腊时，受到了穿戴盔甲的重甲步兵的决定性考验，因为重甲步兵不但不怕飞箭的攻击，还用长矛让骑兵的冲击变得毫无意义。在普拉蒂亚战役（公元前479年）中，侧翼受到保护的正规步兵所向无敌。因此，在一段时间里，弓箭和其他投掷器只是长矛的附属兵器。

然而，更有威力的投掷机械的建造同时取得了重要进展，这主要归功于那些在马其顿以及此后从亚历山大帝国分解出来的各城邦国家中服役的希腊人的创造性，亚历山大自己的设计师戴亚迪（Diades）就是赛萨利人。古代最伟大的军事设计师是科学家、数学家阿基米德（约公元前287—前212），他设计的装置在抵抗罗马人的战斗中延长了叙拉古的防御时间，后来他被罗马军队所杀。除了与战争有关的事情外，希腊人很少把聪明才智用于机械和技术的改进，但仅从战争领域的成就来看，虽然他们可用的手段和资源非常有限，但根本不缺乏机械方面的灵巧性。希腊人的军械设备被罗马军队毫无改动地接受了，它们在黑火药发明之前为战争提供了一种基本模式，后来达·芬奇的绘画也显示了这一点。我们先来看看这些军械的发展历史，对于它们结构的详细描述放在后面的罗马时期来介绍，那一时期的原始素材更丰富些。

699

人们在努力提高弓箭的穿透力时，发明了第一种投掷机械。有两种防御设施可以抵抗一般弓箭手的射击，一种是又重又大的盾，另一种是笨重的铠甲。由于人的臂力有限，弓箭手对于这种防御手段没有破解之法，除非他把背部和腿部的肌肉力量都转化为射击力量。这就涉及把弓改造成一种复杂机械的问题，办法是增加一个托柄，托柄里

安装锁定装置。这样，当搭上箭瞄准目标时，弓弦能始终保持绷紧态。希腊人了解这种十字形的弓，把它称为弩（也就是“腹弓”），据说由他林敦的卓皮罗思（Zopyrus of Tarentum）发明，但很显然这不是一种普通武器。阿基米德在守卫叙拉古时，他在城墙上设有3英寸宽的孔眼，孔眼距地面有一人高，弩炮通过孔眼射向敌方。罗马作者也使用“弩炮”（scorpion）这个词，不过指的是一种小型手持武器。所以，迦太基在公元前149年交出的2000门“弩炮”，有理由认为实际上是一些十字弩。

弩的机械效率是通过绞盘或杠杆装置获得的，这一原理若能放大使用，可能会有更大的效果。与中世纪的士兵不同，希腊人从不使用手持弩，但他们把弩的原理用于安放在地上的大型机械上。这些弹射机械的最早形式也许就是大型弩（giant cross-bow），它有一组弹性构件，由木材、动物的角和筋制成。与后面要叙述的扭力弹射器不同，这类大型弩或许就是传说中约在公元前400年为叙拉古暴君狄奥尼修斯（Dionysius）而发明的机械装置。在与擅长围攻的迦太基人的作战中，狄奥尼修斯证明自己是一位有创见的指挥官。据说（无疑有更多的夸张成分），他的弹射器在三四百码远处都能够砸烂城墙。还有消息说，现在找到了斯巴达公元前370年的弹射箭。在那个时候，弹射箭被认为是很奇特的东西，公元前358年的雅典有两门弹射器[2]。在《历代志（下）》第26章第14、15节提及的那个时代之前的东方古文献中，似乎还没有提及弹射器：

700

乌西雅为全军预备盾牌、枪、盔、甲、弓，和甩石的机弦，又在耶路撒冷使巧匠做机器，安在城楼和角楼上，用以射箭发石。

乌西雅（Uzziah）生活在公元前8世纪，但《历代志》（*Book of Chronicles*）也许是在公元前300年之后才写的，所以，上面这段话在

年代上搞错了。在欧洲，马其顿的腓力王拥有大量的拉力弹射器，据说第一件扭力机械出现在亚历山大围攻提尔城时（公元前 332 年），他用的石块发射器应该就是这种类型。按照普林尼的说法，“在这些弹射机械中，皮萨乌斯（Pisaeus）[发明了] 弩炮，克里特岛人发明了弹射器，投石器和投石索是叙利亚的腓尼基人发明的”[3]。虽然普林尼所说的发明归属通常并不足取，但扭力弹射器与腓尼基人存在关联却不难想象，因为亚历山大用的就是腓尼基设计师。无论情况是否如此，确实是希腊人把这样的弹射机械作为一种标准装备带进了战争。

无论是拉力弹射器还是弩的力量，都要受到弓本身弹力的限制。古人没有能够使用的力量很大的钢丝，但他们发现用较粗的经过捻搓的绳索可以获得较好的效果。这些机械有 3 种主要类型，分别是双臂射箭器、双臂弹石器和单臂投石器（或石弩）。它们常常安装有吊索，以增加弹射物的速度。最后那种单臂投石器，是用双手挥动的杆索投石（图 630）[4] 的一种机械形式。虽然这些机械装置（我们后面会谈到）的技术描述都来自罗马时期，但可以肯定在公元前 200 年之前就已经在使用了。最初，这些机械装置不仅与箭、石有关，而且与烟火的制造相关。德米特里在公元前 305 年围攻罗得时，据说在最后一个夜晚，罗得人把 800 门火焰承载器对准敌方的木制攻城机械。这些火焰承载器也许是一些装有矿物油、树脂类及其他易燃性材料的陶罐，应当是大家熟知的后来的“希腊火器”的前身，也是从弹射器上发射出去的（边码 375）。

701



图 630　杆索投石。

虽然火器结构笨重，燃烧较慢，但古代军事专家显然相当信任自己的机械。亚历山大把他的射箭机械（更确切地讲，是其最重要的组成部件）运到了亚洲战场。费了很大精力才在奥努斯山（公元

前327年）把这些军事机械投入使用[5]。其中，用于捻搓绳索的重要材料——妇女的头发和动物筋——还是一种战利品。在公元前250年，罗得把300塔兰特（talent）辫子和100塔兰特筋送到锡诺普。在公元前225年，塞琉古（Seleucus，另一位继承者）送给罗得好几吨这样的礼物[6]。当时，人们对这些神奇的武器非常重视，它们所发挥的作用也的确不可轻视。

弹射机械的最初形式是手持弩，直接打击的对象是戴盔穿甲的士兵。但是，人们不久便发现这种机械在攻坚战役中的重要作用，在打通城门、捣毁木栅栏、打击作战塔楼以及对付其他木制工事上更能派上用场。它可以用来消灭护墙或者塔楼上的防御者，也可以反过来阻止进攻方武器装备的推进。弹射机械能够发射火器攻击敌方的房屋帐篷或木制工事，甚至能够在城墙上打开缺口。正像现代指挥官同时拥有枪支和迫击炮一样，古代的将军既使用直接弹射器（石弩），也使用间接弹射器（投石器）。在田野上修筑工事一般较慢而不易移动，因而在比较缓慢的围攻行动中，弹射器就像一门有效的大炮。毫无疑问，这会影响到防御工事的设计。

我们已经获得在人类历史发展过程中有关构建坚固建筑的大量资料，既有铁器时代的营地——例如由壁垒和深沟构成的梅登堡，也包括用泥砖构筑城墙的美索不达米亚城市，高墙之间还嵌有排列有序的城堡。希腊人在其历史早期就开始精心建造防御工事，特洛伊（即希沙利克）各式各样的城墙都用砖石（图631）或者泥砖来建筑。荷马时代的围攻者为自己建造了坚固的营地，并在周围挖掘深沟，建造有堡垒相间的土墙。城墙前通道的外面建有斜坡，防御者能够在城墙上射出的弓箭或投石的掩护下，冲下斜坡与围攻者短兵相接。这是古代人的另一项发明（图632）。

702

这里不需要论及建筑结构的详细情况，一个有意义的变化是用石块取代了木构件和泥砖，以对付更有效的攻击性机械装置。从公元前

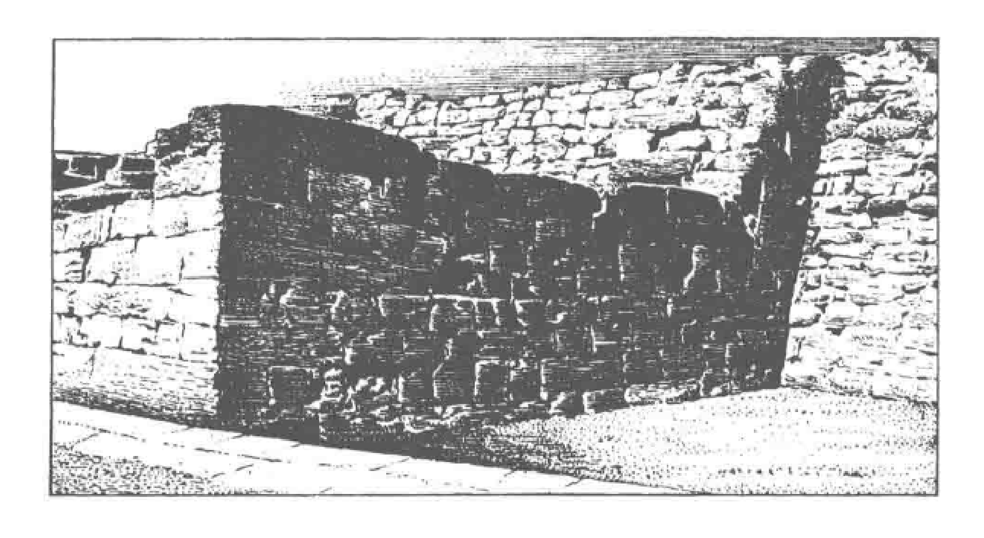


图 631　特洛伊的东墙（右）和堡垒的北部。堡垒突出城墙线 7 米。公元前 1500—前 1300。

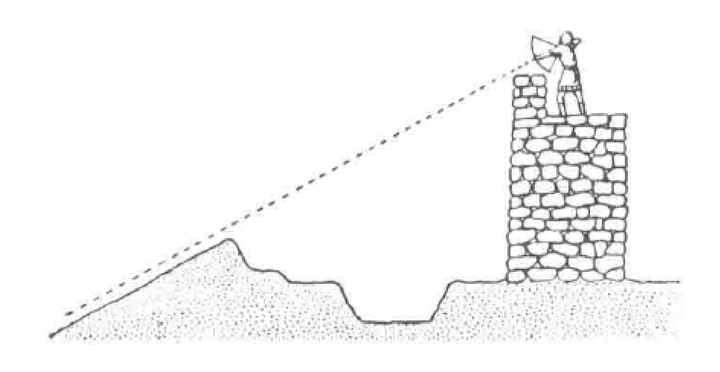


图 632　堡垒前的缓冲斜坡，以及弓箭所能覆盖的范围。

4 世纪开始，大城市都用石块筑垒，否则防御只能依赖对一些有效方法的加强，例如在弓的射程范围内挖几条深沟，并增加弹射武器（就像在叙拉古一样）。一些地方由于用石块构筑而坚不可摧，例如传说中对特洛伊的十年围攻（最后终于失手于尤里西斯的计谋）和最后以失败告终的尼布甲尼撒（Nebuchadrezzar）对提尔十三年的围攻。这座城市后来落入亚历山大之手，那是因为后者成功地挖掘了从陆地到岛上城墙的暗道。罗得抵抗住了德米特里的进攻，而叙拉古的守卫者的坚定性如果能像阿基米德的机智程度一样的话，也不至于抵抗不了罗马人的围攻。

对于想攻占堡垒的人来说，也有许多方法可以选择。背叛者会向他们献出堡垒，一次出其不意或夜间的袭击也可以得手。封锁包围可以切断城市与周围乡村之间的联系，饥饿（通常还伴有病灾）会迫使堡垒里的人投降。如果其他方法未能得手，时间又不允许，那么就得

采用强攻的方法。一种方法是挖地道，通到幕墙或者堡垒下面，如果砖石墙是用木柱子临时支撑的，就用火烧，攻击者退回等待防御墙倒塌，然后突击惊慌失措的守军。另一种方法是用攻城槌撞击城墙，慢慢打开一个缺口。直接进攻或者任何一种打开缺口的方法，都要求攻击者首先能够控制城墙下的地面范围。为了达到这一目的，就要填沟或者攀爬外围的防御墙，或者越过堡垒前的缓冲地带。在这个阶段，进攻者最容易遭到攻击，投射机械设备的掩护火力也最能发挥作用。一旦到了防御墙下面或者上了防御墙，进攻方就可以使用各种防护设备，例如一些投射机械，我们将在下一节叙述讨论这一问题。

703

20.2 罗马时期（约公元前 200—公元 400）

最初，罗马的士兵与希腊一样，都是武装的百姓，后来才成为职业军人，甚至还从荒蛮部落招募雇佣军，主要任务是击退其本部落的进攻。在罗马时期的最后阶段，罗马军团已经失去了传统特点，越来越多地依赖从对手那里模仿来的武器和技术手段。

罗马是在战争中成长壮大的。大约公元前 300 年，罗马人称霸南意大利。公元前 270 年，吞并了那里的许多希腊城市；公元前 240 年，将迦太基人赶出了西西里岛。到公元前 2 世纪初，罗马作为一股强大力量出现在地中海地区，它的军团有相当数量的装备和精确的组织管理，这些一直维持到罗马帝国后期。

亚历山大率领骑兵在亚洲驰骋的时候，罗马人还只是在欧洲作战。罗马军队的主体是步兵军团，而且保持了很长时间。这是一支由 4000—6000 人组成的队伍，有效作战单元最初是由 60 名士兵（后来是 120 人）组成的支队。作战时，军团以散开队形排列，支队一个接一个地站成梯形，这种队列有利于他们充分发挥武器的优势。从马略时期（Marius，约公元前 100 年）开始，他们发现较大的团队更好，一个步兵队拥有了 600 人。

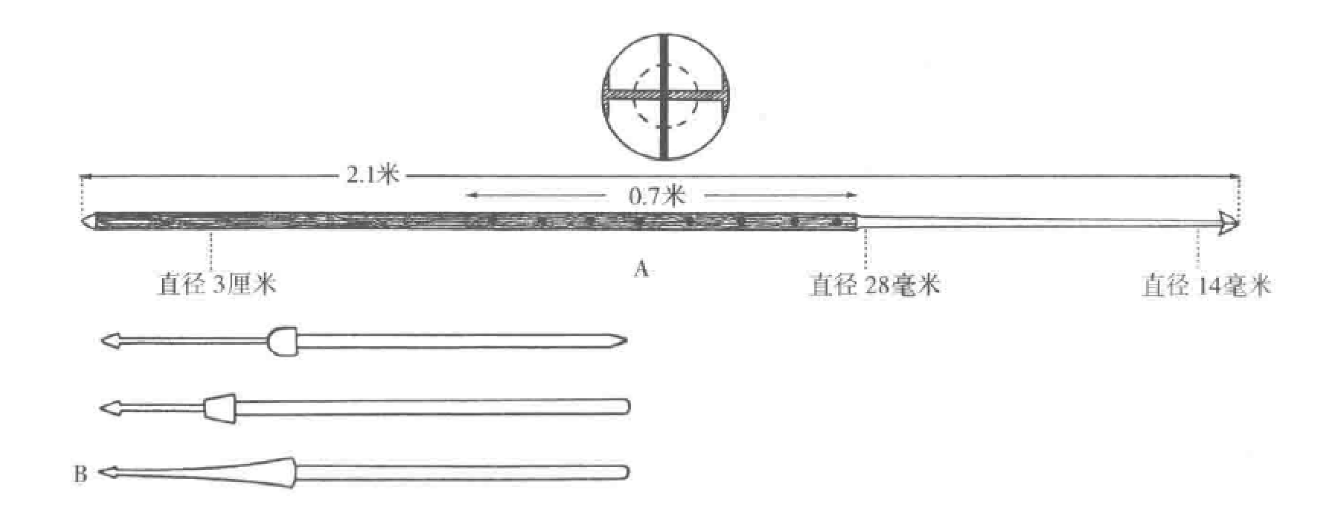


图 633 （A）罗马早期的短矛，其铁头插进枪杆 70 厘米；（B）罗马后期各种形式的短矛。

704 随着组织上的这种变化，武器也发生了变化。早期罗马军队的武器装备在很大程度上仿效希腊模式，重型步兵全副武装，配有长矛、希腊短剑、胸部铜铠、头盔、胫甲和圆形盾牌。随着古罗马军团组织形式（约公元前 400 年）的发展，新的战术和武器得到了应用。军团前两排的士兵手持短矛（即标枪），矛柄为木制，长 4.5 英尺，矛头为铁制，与矛柄长度相同，矛头的一半是扁平的，插入木制杆的狭缝中用铆钉固定（图 633）。短矛重 4—5 磅，平衡性很好，便于投掷。第三排士兵仍手持长矛（*hasta*）。全体士兵佩带双刃剑，这种剑起源于西班牙，剑身比希腊人用的略长。另外，他们还手持约 4 英尺长的包皮木制椭圆形盾牌，盾牌周边用铁圈紧箍，中心用铁板加固。士兵都头戴羽饰头盔，穿胫甲，佩胸铠，或者穿缝在皮革短袍上的铜制甲衣（所谓的铠甲），或者穿一种借鉴凯尔特人的链式铠甲（图 634A、634B、634C）[1]。轻装步兵（*velites*）手持圆形盾牌和短标枪。骑兵部队（每个军团约 300 名骑士）戴头盔，穿胸甲，持双头长矛，握圆形盾牌，不佩剑。

705 随着马略的改革进程，军团中逐渐用短矛取代了长矛。短矛的矛

1 这明显是由独立的圆环或者锁链与皮革短袍缝合而成。

头是铁制的，用一个短柄和两个插钉固定在木杆上，其中一个插钉为木制，撞击后即断裂，以保证投到敌方的武器不会被敌人重新使用。后来，人们设法使矛尖以下的部分变软，一旦撞击铁矛便会弯曲，从而达到同样效果。在公元前1世纪，大家所熟知的罗马长形半圆柱盾牌也得以应用。与此同时，坚固的护胸甲普遍被盔甲所取代，盔甲是将锁链或者多块铁片缝在皮革短外套上制成的。在马略时代，随之消失的还有轻装步兵。到了半个世纪后的恺撒大帝时代，骑兵在凯尔特人和日耳曼人那里招募，不再招用罗马人。在辅助军团中，克里特岛弓箭手和巴里阿里投石手仍然发挥着作用。

但是，大原则下又包含着许多不同。罗马军队并没有统一的服装和装备，在帝国时代更是如此，我们在纪念碑上可以看到那时各种类型的头盔、标枪和盾牌。2世纪与3世纪之间，正如图拉真圆柱上所描绘的一样，罗马军团的典型特征是身着鳞片状胸甲（*lorica segmentata*）。这些胸甲虽在细节上有许多不同，但都是由许多铁片和铁带连缀在一起，固定在皮革短袍或结实的亚麻短袍上，既能保持形状（图634D）又能行动自如。士兵的前胸和后背用4片甲包裹着，甲片为环形，由两个半圆对接形成，后面用铰链相连，前面用扣环或皮带相接，躯干也用类似方法由一对半环保护。3

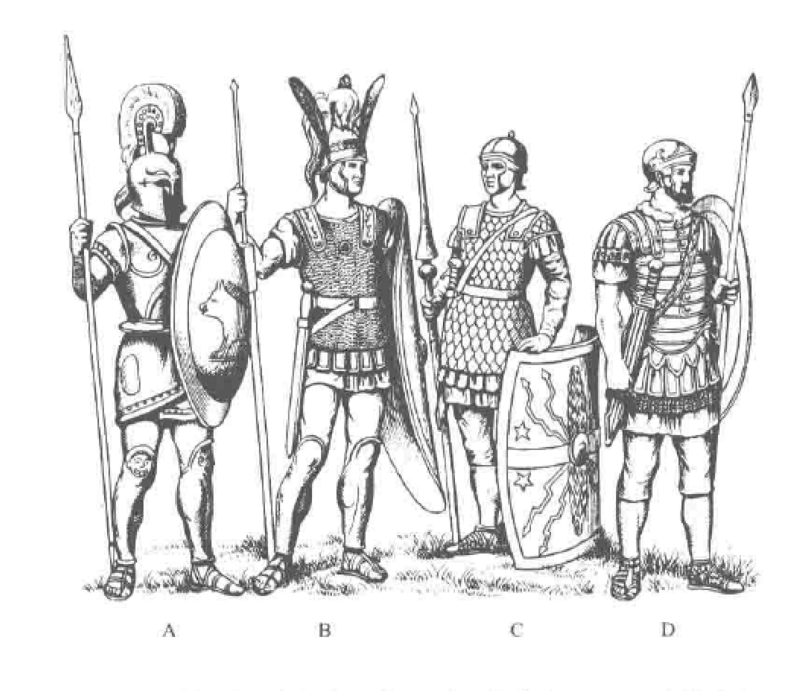


图634　罗马盔甲：(A) 公元前6世纪的装备，配以连体头盔、圆形盾牌、胫甲、长矛及短剑；(B) 公元前2世纪中期，配以羽式头盔、椭圆形盾牌、链锁铠甲、标枪及长剑；(C) 公元前1世纪末、配以圆形头盔、鳞状铠甲、长方形盾牌、标枪和剑，天冷时铠甲下面穿有凯尔特人皮革短袍；(D) 2世纪，配以组合铠甲、剑和穿刺长矛。

条或更多的皮带跨过肩膀把铠甲前后相连，所有的皮带都尽可能多地重叠。

此后的两个世纪里，罗马军团的军事装备大大衰退。韦格提乌斯在公元400年写作的时候，步兵军团的传统战斗技能已经退化，带有短铁质矛头的轻型标枪代替了重型标枪，弓箭手被列入兵团之内，不再作为辅助部队参战。最糟糕的是，“由于疏忽和怯懦，军队荒废了军事演习，而且士兵开始抱怨盔甲太重，请求皇帝允许他们不穿盔甲。后来，罗马军队袒胸迎战哥特人，结果大败”[7]。步兵放弃金属铠甲，主要依靠皮革短袍。5世纪时，甚至皇帝也只穿这种皮革短袍。与此同时，骑兵铠甲的重量增加，甚至连坐骑也遮盖起来。亚历山大时期，西方受东方的影响，精锐部队都改成了骑兵，并使用极具东方特色的武器——复合弓。

706 早在400年前，罗马兵团的衰落就已初露端倪。公元前53年，帕提亚人以1000个铠甲骑士和1万个马上弓箭手的兵力，以少胜多，大败克拉苏军队（Crassus' Army）。在这场战役中，罗马人采取守势，等着帕提亚人的弓箭耗尽后一举反攻。但是，帕提亚将军苏雷纳斯（Suronas）发明了一种新技术，用骆驼运载大量弓箭储备。罗马人所期待的反攻机会并没有到来，只好派凯尔特轻骑队突围，结果被帕提亚弓箭手重创。

早在公元前200年，帕提亚人就经由里海南岸向新月沃地（Fertile Crescent）进军，当时的军队装备已日趋完善。手持弓箭的轻骑兵是草原上百发百中的勇士[1]，帕提亚贵族从仆人中挑选骑兵。公元前1世纪时，骑兵全副武装，戴着头盔和护膝，身穿长过膝盖的鳞片状铠甲，当时的衣服袖子由金属制成，连手套也用鳞片状金属片编成（图635），马也用相似的方法保护起来，主要武器除弓箭外，还有长枪或长矛。

1　据说驰骋美国平原的印第安骑士使用类似的装备和技术，可用箭直接射透美洲野牛。

帕提亚铠甲骑兵的武装达到了中世纪骑士的水平，只是一旦落马便毫无战斗力。身负如此重的铠甲，骑手显然需要一匹膘肥体壮的战马。帕提亚人在米底地区发现了一种涅赛伊阿（Nesaean）马，并进行改良，得到一种前所未有的战马。但是，铠甲骑兵和以前一样没有配备马镫，靠骑手夹紧膝盖和大腿来控制战马。这些部位暴露在外面，容易受攻击(边码 556)。



图 635　古罗马人或马匹之甲胄。出自图拉真圆柱上的雕像，约 110 年。

我们不知道罗马人是何时组建第一个骑兵军团的，可能不会迟于 3 世纪。在对古代骑士与当时的士兵作对比时，普罗科匹厄斯 (6 世纪) 饶有兴致地提到了这个军团：

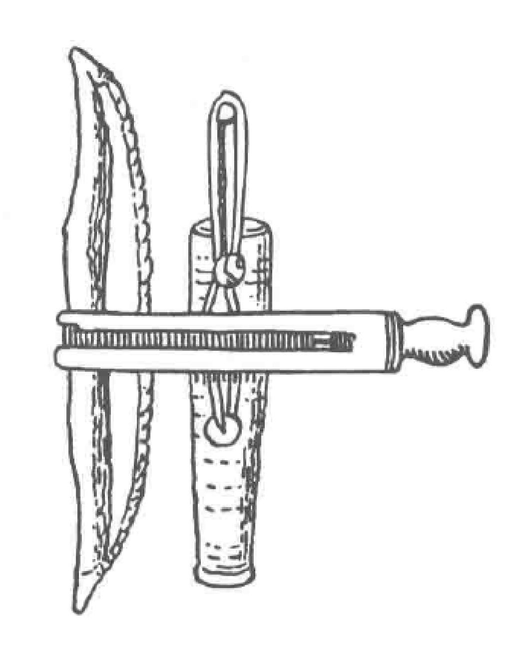
当代士兵穿着短袍和长达膝盖的护胫，右边挂着箭筒，左边佩着剑，背后还插着长矛，肩上挂着盾，这种盾牌没有手柄，大小刚够遮住脸和脖子。训练有素的骑兵可以在全速前进时，毫不费力地张弓射击侧面的敌人，或击退从背后追来的敌人 (第 I 卷，图 93)，也可以击中正面逃窜的敌人。他们射箭时把弓弦拉到右耳处，以使射出的箭有足够的杀伤力，让被射中者无一幸存，任何盾牌和盔甲都挡不住它[8]。



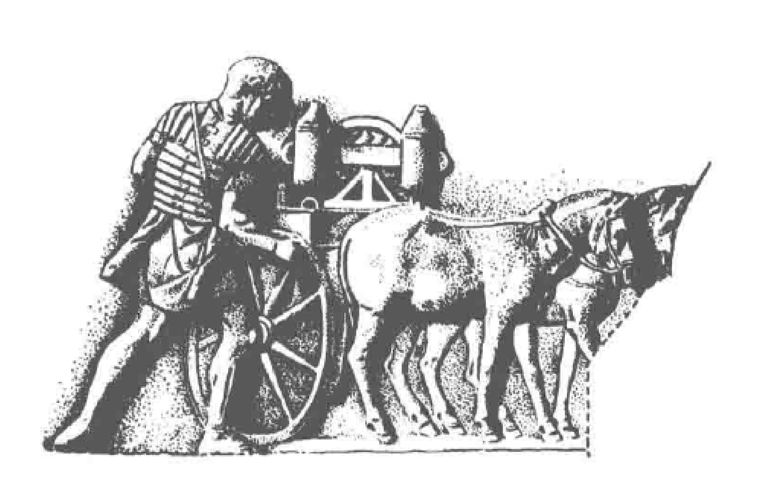
图 636　罗马军队中起辅助作用的弓箭手。出自图拉真圆柱，约 110 年。

707

罗马人在投掷武器方面没有重大革新，他们的技术都是从迦太基人和希腊人那里学来的。战争中普遍使用弧形的弓（希腊人曾经用过）（图636），据说是在弓箭中间的手柄处把两个山羊角的根部固定在一起制成。据考证，还有像诸神手中拿的那种直弓。罗马人当然也知道弩，因为韦格提乌斯称它为“*manuballista*”，与以前所说的“弩炮”是同一种武器[9]。*Arcuballista* 好像是另外一种弩的名称。这两种罗马晚期典型的弩在高卢地区发现，但都用于追捕猎物而不是用于战争（图637）。


图637　弩和箭筒。出土于高卢境内的罗马人坟墓，2世纪。

车载投石器在罗马军中使用得很普遍，从与士兵数量的配备比例看，普及程度与现代军队机关枪与机关炮一样。根据韦格提乌斯的记载，军团中每100人配备一门车载投石器（*Carroballistae*），这种小型移动式石弩由一个11人小组来操作。这些军械都在图拉真圆柱上有描绘（图638），主要用于阵地作战和攻坚战。一个军团配备55门车载投石器，此外还有10门“野驴”（*onagri*）投石器，一个步兵队配备一门，备攻城之用[10]。另外，与军队同行的还有建造、维护和使用投石器和其他机械的专家。


图638　车载投石器。出自图拉真圆柱，约110年。

下面，我们来较为详细地讨论这些军械。

亚历山大的希罗描述过一种叫作腹弓式重型弩

(*gastraphetes*) 的武器[11]，我们无法知道它是否进行了实际使用[1]。腹弓式重型弩由两只山羊角构成，羊角插进结实的基座 a 中（图 639），基座与弓相对的一端由一个圆形支架 b 支撑。基座中间刻有沟槽 c，其长度与基座相同。沟槽中安插着滑木 d，正好与楔形相吻合。滑木上也有沟槽，用来固定箭 e。开关位于滑木上面，头部是两个分叉 f，可以水平绕轴转动，尾部超过支点，落在扳机 g 上。棘爪 h 与轨道齿条 k 相合，以防止滑木在弓的张力作用下向前滑动。使用时，把弓弦置于分叉 f 后面，通过扳机锁住。滑木的前端抵在地上或墙上，射手持弓并把胸膛抵在支架 b 上，用他的体重和肌肉力量把滑木向后拉。弓被拉开，在齿条与棘爪的作用下保持原状。射手把箭放入沟槽，较粗的一端置于两个分叉中间。当射手扣动扳机 g 时，开关尾部就松开，释放弓弦，箭被推动而飞出去。

709

从腹弓式重型弩的结构来看，很明显是一种单人武器，也有可能放在支架或护墙上使用（就像 17 世纪的火绳枪）。据说，更有威力的武器也是按照同一原理制造的，其中一种用绞盘将弓绷紧，但现存资料中没有相关记载。无论如何，腹弓式重型弩确实是一种很有威力的武器，张力大约是普通弓箭的 2 倍或 3 倍。

正如希罗评价的那样，当需要很大的张力时，羊角不是一种很理想的材料。不过，扭力发射器就不存在这样的问题。希腊作者描述了直型弩（*euthytonon*）和 V 形弩（*palintonon*）两种形式的扭力发射器，它们显然分别是希腊语中简单弓、复合弓（双曲面）的名称。直型弩和 V 形弩外形的差异似乎与两种手持弩形状的差异一样，直型弩用于射箭，V 形弩用于投掷石块[12]。另一个更明显的区别已经提到过，

710

1 关于年代的注释。希腊机械师的年代——拜占庭的菲洛和克特西比乌斯（Cetsibius）、亚历山大的希罗——都是不能确定的。这样，这些“发明”的描述年代也不能算是确定的。为了不使它们过于不明确，我们仔细求证后认为，克特西比乌斯的生活年代大约是公元前 1 世纪初，菲洛的主要活跃期是公元 1 年左右，希罗更年轻一些，据说卒于约公元 75 年。早年的历史学家认为，他们的生活年代还可能早大约 1 个世纪，但是，如果大家承认发明的高峰是在罗马帝国最繁荣、战争机器动用最多的时期，那么，我们的判断也不会差得太远。

我们还会在后面提到。

在直型弩的结构方面，一直不存在什么争议。动力来自两根（用毛发或肌腱）搓成的弦，每根弦都绕在木架的两个平铁销 a 上（图 640），木架则固定在鸠尾槽里，铁销压在由青铜或硬木制成的箍 b 上。两根长木臂 c 插进相反方向扭动的弦之间，随着弦的扭转向外扩张，直到紧紧压在与木架垂直的位置。至于这种扭转是怎么完成的，圈箍怎样控制张力，我们还不是很清楚。圈箍与木架之间的摩擦力肯定很大，粗弦的扭转中用到了杠杆原理。两臂用一根弦（由毛发或肌腱构成）连在一起，相应的简单弓就制成了。这种弓可以固定在与腹弓式重型弩相似的基座上（图 639），只不过是用绞盘 d 的力量使弓拉紧的。这时，再将它基座固定在支架 s 上，便可以通过改变支撑杆 t，使发射仰角发生变化。

711

虽然这些器械上装有滑块和导轨，但它们的作用在绞盘出现后就不是那么重要了。给绞盘装上棘轮和棘爪，把扳机安装在基座后面将弓拉过去（像中世纪的弩那样），这些简化也许在当时已经出现了。

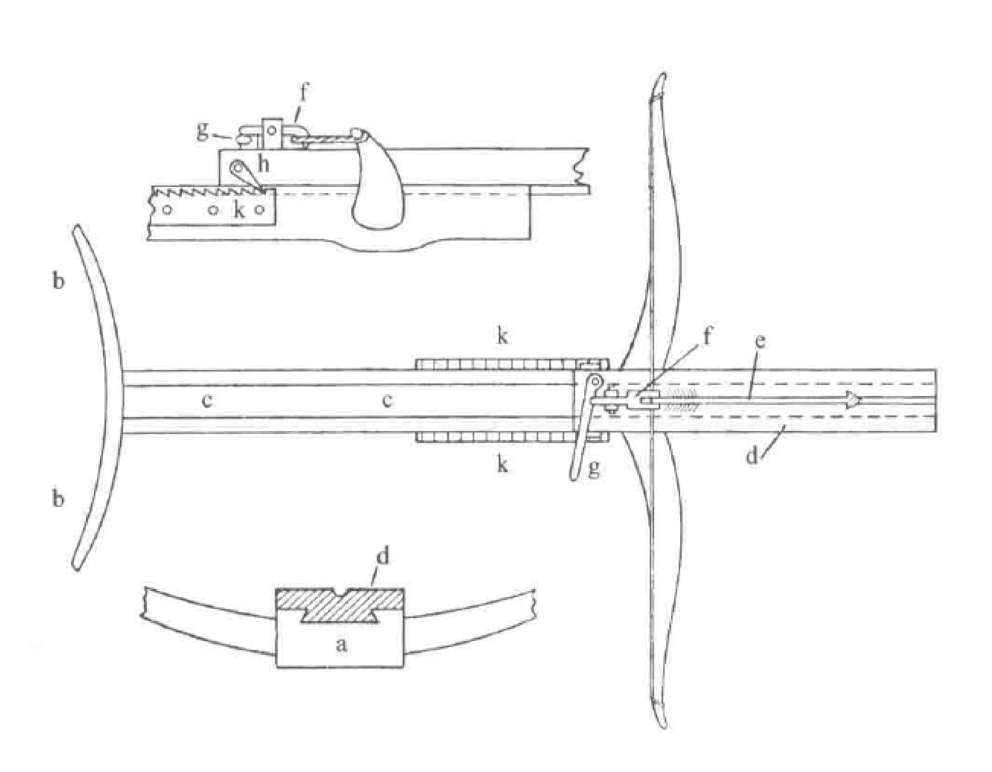


图 639　希罗的腹弓式重型弩（复原图）。

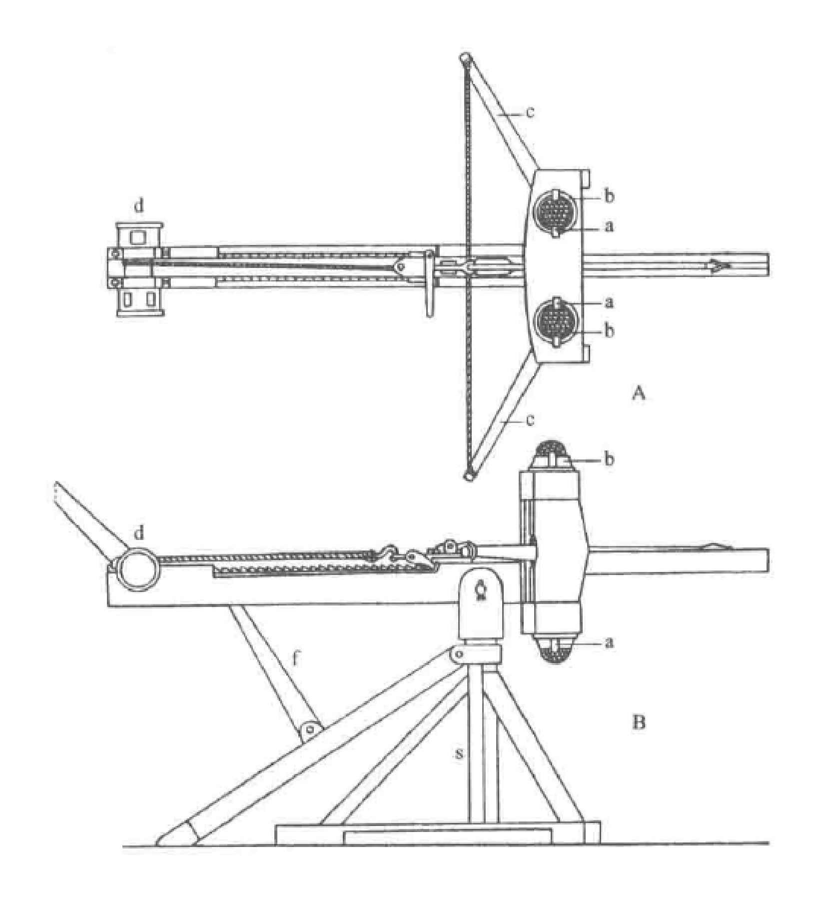


图 640　菲洛描述的直型弩：(A) 平面图，(B) 立视图。

按照大家普遍认同的观点，V 形弩 (*petrobolos*，*lithobolos*)(图 641) 与直型弩并无很大区别，但肯定是一种杀伤力更强的武器。V 形弩的弦拉得更长，并分别固定在两个方形木头架子上。直型弩的弓弦被宽皮带所取代，以给抛射物加力，除此之外没有多大变化。然而，

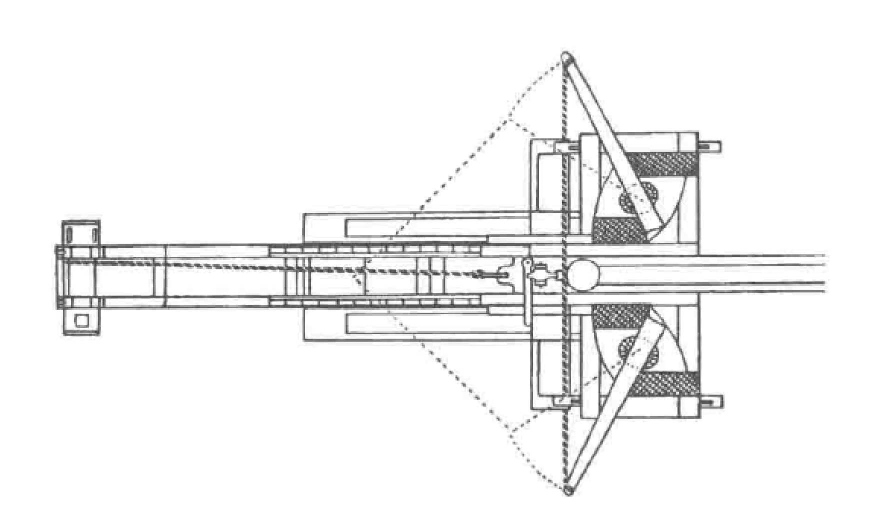


图 641　菲洛描述的 V 形弩 (平面图)。

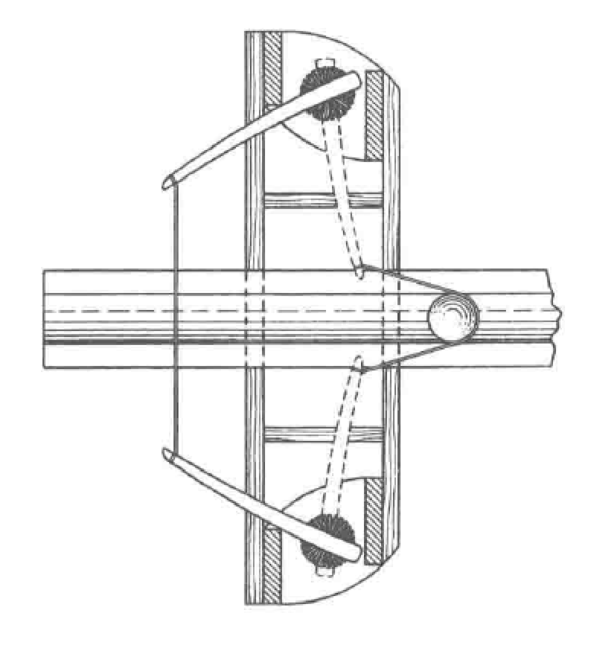


图 642 根据对古文献不同解释的 V 形弩的另一张复原图，弦向右拉以拉紧木臂。

希罗的著作中有一种不太为人所知的解释，认为 V 形弩的弓臂是向里的，而不是向外的（图 642）[13]。在这种结构中，弓臂扭动的角度有所增加，靠近抛射物的弦也被拉得更长。另外，当弓弦绷紧的时候，弓臂与弦的形状与复合弓有几分相似。再者，装置前面的架子必须足够粗大，以承受两个相隔很远支点扭转时所产生的巨大拉力。

作为罗马时期的权威作者，维特鲁威的著作没增加多少新内容，只补充了一些细节[14]。他也描述了两种相应的机械装置，一种用于射箭，一种用于投掷石块，二者的区别只是不同部件的比例不同。与希罗一样，维特鲁威根据箭的长度或者投掷石块的重量确定系数，再根据系数来确定制作石弩框架的木料尺寸。换句话说，每一个机械装置的尺寸，与投掷物的大小成正比关系，动力元件的尺寸——搓捻成的弦——可以进行相应的调整[1]。毫无疑问，正是这种恒定比例的和谐性，使得维特鲁威对这些机械装置的设计特别感兴趣。

712

这些机械装置的缺陷显而易见，也为有关设计师们所熟知，例如拜占庭帝国的菲洛。它们的主要缺陷是：第一，制弓弦的筋束越是做得强劲，就越难以把它们束缚在一个大小让人易于操纵，牢度上足以抵抗机器中产生的扭力和冲击的木架子上；第二，筋束容易变质从而失去弹力，再次捻搓则会使其变形，从而减弱弹力。针对第二点不足，

1 对发射箭的石弩而言，系数是箭长的 1/9；这给出了筋束的直径。对投掷石块的石弩而言，系数（如前，筋束的直径）为：投掷物重 2 磅的是 5 指宽，投掷物重 10 磅的是 8 指宽，投掷物重 40 磅的是 12.5 指宽，投掷物重 120 磅的是 16 指宽，投掷物重 200—360 磅的是 18 指宽。

菲洛提出了一个简单的解决方案（图 643）。他不再将箍环和筋束捻搓在一起，而是把筋束尽可能紧地缠绕在木制框架中（无须在上面穿孔），并在框架上钉楔子拉紧肌腱，弓臂就像以前一样插在筋束中。

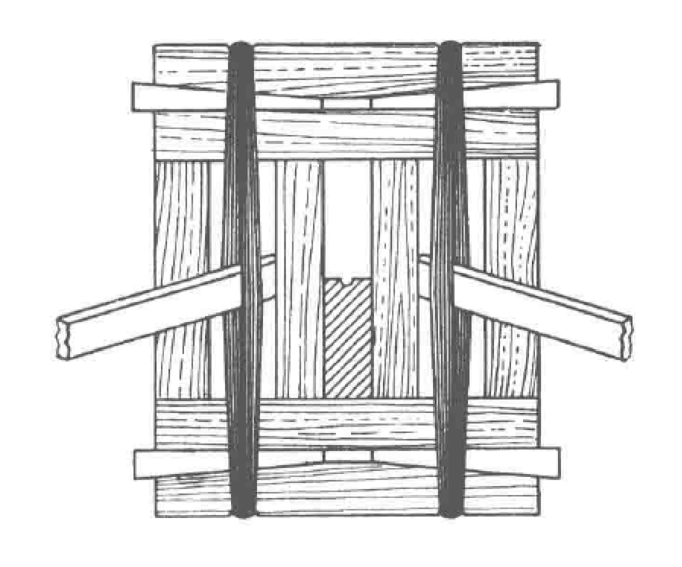


图 643　菲洛使用楔子拉紧石弩（catapults）中的弦。

此外，还有一种石弩叫“*chalcotonon*”。菲洛在设计这种石弩时，不再使用筋束，改用青铜制成的弹簧。在菲洛之前，克特西比乌斯就提出了这种改进方法。将含锡 30% 的合金浇铸成薄板材，然后加工成弯曲的弹簧并进行冷锻。四块这样的薄板材可以制成两个椭圆形的弹簧，然后把弹簧装在石弩中。当弓弦拉开时（图 644），弹簧就被压缩。菲洛认为，这种弹力不能归因于青铜薄片，它是由锤打产生的。看来，他将青铜与钢铁的弹力特性弄错了。如果我们承认用钢铁代替青铜的方法是完全可行的话，它便完全可以在这段时期的后半段[1]用来制造更小的石弩。菲洛声称，*chalcotonon* 比其他石弩杀伤性更强，因为它不会再受到肌腱潮湿的影响，而且组装和拆开运输都很方便[15]。

菲洛还设计了自动石弩（automatic ballista），这是一种快速“射击”的机械，箭盒装有大量箭头。转动曲柄，操纵锁链，弓弦被拉动，在第二支箭到位后，松开扳机，前一支箭就射出去，如此这般，直到所有的箭射完。在稍后的时期，中国人也拥有了一种与之相似的带箭盒的弩，但结构更为简单，我们在博物馆里经常可以看到这种兵器。在这些设计当中，最为奇妙的是克特西比乌斯设计的 *aerotonon*，它靠一对气缸中的压缩空气产生弹力[16]。尽管在实际中没有什么用处，

1　施拉姆（Colone Schramm）重建的这种石弩与图拉真圆柱浮雕上显示的车载投石器非常相似。

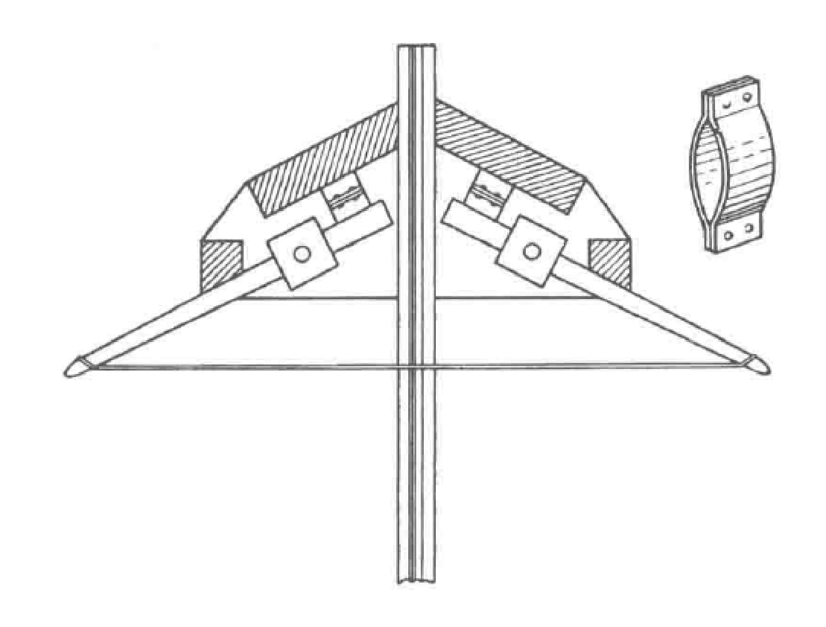


图 644 菲洛的 *chalcotonon*（平面图）与一副椭圆形青铜弹簧中的一个（插件）。

但这些发明显示出古希腊的工程师们完全有能力构想出复杂的器械。

另一方面，现在也有足够的证据可以证明，扭力发射器是一种很难对付的武器。作为一种单人武器，弹力石弩也有足够的杀伤力，尽管我们没有它被实际应用的证据。

现在已经证实，古代的最后一种发射性武器是一种单臂石弩，尽管它在考古上发现得较晚。在4世纪时，马尔切利努斯(Ammianus Marcellinus)对这种武器进行过描述(图645)[17]。一根粗绳子水平穿过石弩木框架的两边，与被吊索拉长的木臂相互作用，从而产生动力。转动曲柄使木臂下降，并将其固定在一个搭扣上，士兵敲击木槌，就能松开搭扣，木臂的冲击力由与地平线成75° 角的稻草软垫缓冲。实际使用中，单臂石弩用于以高轨线、低速度发射较重的发射物。

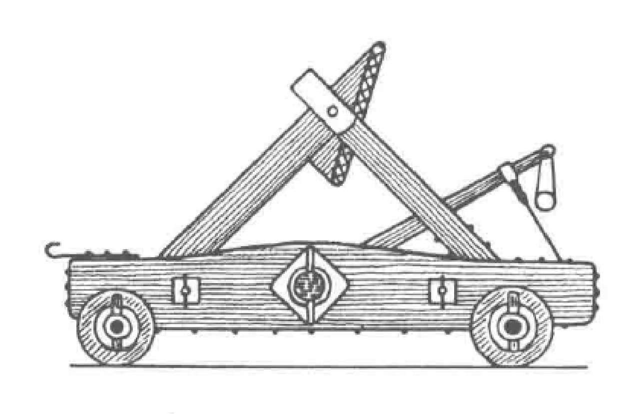


图 645 石弩。

单臂石弩只是对所有古代石弩的补充。发射物的破坏力与

mv^2 成正比，m 代表发射物重量，v 代表发射速度。古代人在提高发射速度方面无能为力（最高速度从未超过 200—220 英尺 / 秒），只能增加发射物的重量，所以往往使用重达 300 磅的石块（按照维特鲁威记载）。此外，由于发射的初速度很低，为了达到预定射程，只得以 30°—45° 较大的仰角进行发射。然而，我们可以想象，当直接面对敌人时，石弩也可以近距离平射。大体上来说，古代弹道学家倾向于使用高轨线射击，尤其是在瞄准高于城墙的地方或塔顶部的时候。

古代投掷机械的复原装置（在巴黎大约是 1860 年，在英国和德国约是 1905—1910）所具有性能，与古代作者的描述完全吻合[18]。所有这些装置正常的有效射程不超过 500 码，如果使用更有威力的发射工具或发射更轻的物体，射程会增加一半。通常的发射物是带有铁头的箭或镖，长约一码或稍长一些，重 5—6 磅。此外，发射物中也有重 6—10 磅的石块。那时肯定也发射过重量更大的物体，只是很少而已。在那种情况下，射程当然也会大大缩短。正如一些历史学家所说的，在特殊情况下，发射 50 磅甚至更重的物体虽有可能，但我们也不用奢望它的射程会很远，或发射装置能够较长时间地发射如此重的物体而不散架。

罗马人对叙拉古的围攻（公元前 214—前 212），已经作为大量使用投掷机械和其他攻坚机械的典型战役而被记载，普鲁塔克对它的描述充满了戏剧性色彩[19]。罗马的将军马塞卢斯用绳索将 8 艘船连成木筏平台，载着庞大的机械进攻。此时，阿基米德也开始了军事技术的研究，但仅仅是把它当作几何学家的假日休闲活动。

他（阿基米德）的兵器开火时，从陆地上发射了大量飞镖和石块，噪音之大，威力之强，没有人能抵挡得住。一些［罗马］船只被铁钩钩住，相互牵制，无法动弹，随后便往往看到这样一幅可怕的场景：一艘船被抛向空中，不是撞上堡垒，就是掉进海里。马塞卢斯带到木

715 筏平台上的庞大军械（称为“Harp”），还在很远的地方就被一个接一个重达10塔兰特［？］的石块击中而倒塌，船板之间的螺丝松动了，木筏平台也散了架，这个庞然大物被撕成了碎片。

最后，罗马人变得十分惊慌，“只要看到墙上有一根绳或细小的横木，便会转身逃跑，边跑边喊着，阿基米德带武器来攻打啦”。

无疑，古代世界许多大的围攻战役都可以用相似的言语来描述，以突出工程和机械技术在战争中起到的作用。例如，我们来比较一下约瑟夫斯（Josephus）关于韦斯巴芗皇帝67年围攻约大帕他城和70年围攻耶路撒冷的描述。在围攻中，约瑟夫斯担任犹太的将军[20]。在强攻约大帕他城失败后，韦斯巴芗总共安排了160门投掷石块和发射飞镖的机械装置，用来赶走城墙上的防御者。这些装置按照设计者的意图，向以色列人发射长矛，并发出很大的声音，其他一些装置投掷重达50磅的石块以及火器和大量的箭头，逼得犹太人弃墙而逃，许多人被砸伤。罗马人的投掷武器威力太大，把城墙顶楼都打飞了，城墙一角也被搬了家，没有人会强壮到在这样的攻击下还能负隅顽抗（约瑟夫斯所言）。最后，罗马人抬来攻城槌，在城墙上打出一个缺口，以色列人再也无力抵抗了。

除了投掷机械装置外，希腊和罗马的作家们都曾描述过许多攻城机械、攻城工具和攻城策略，其中最古老且用途最大的便是攻城槌。在尼尼微的废墟中，发现了攻城槌的残迹（图646）。起初，这种攻城槌靠人用胳膊推动（就像图拉真圆柱雕像显示的达西亚部落的人一样），在公元前5世纪或者更早时发展成为机械设备。其中一种攻城槌，是716 把一根又长又重的横梁两端包上铁，形似木槌头，用绳子水平悬挂在木架上，木架底部装有轮子，既可以推，也可以拉，槌在里面像摆锤一样不断地摆动。另一种是把磙子固定在一个与之相似又装有轮子的木架上，槌在上面可以滑动，木架外面用兽皮护板完全蒙住，用

来保护木槌操作人员不受围攻者发射武器的袭击。这是许多“龟形装甲”中的一种。最简单的龟形装甲是一队人头顶上有一块连在一起的防护板，防护头部和肩部（图 647）。更为精巧的装置配有带轮子的底盘座，顶板由结实的梁木支撑。在这样的防护掩体下，士兵可以向城墙包抄，开始攻城。一组防护掩体就构成一道保护长廊，防护掩体中最小的被叫作“小老鼠”。由于古代人不挖战壕，有些没有轮子的掩体就被安放在一个固定的地点进行防护。

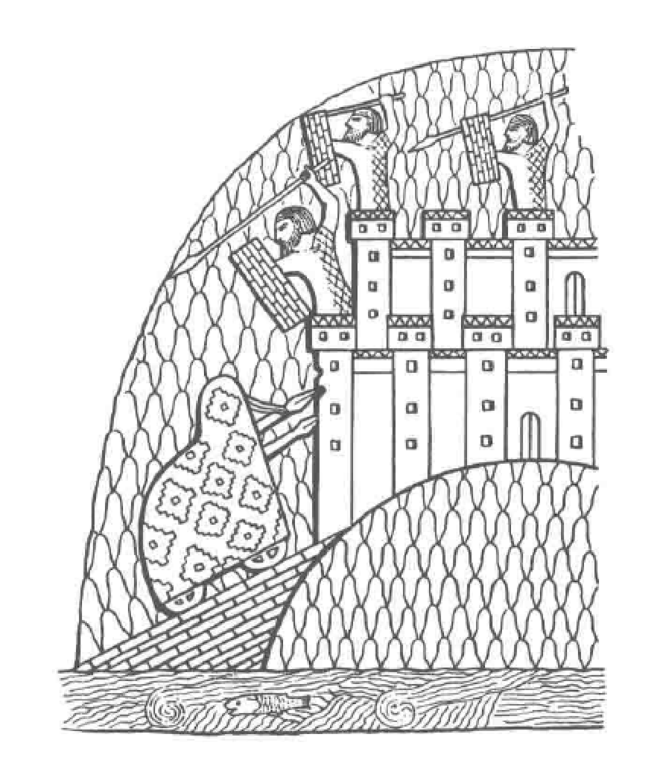


图 646　一幅亚述人浮雕中显示的攻城槌，有掩体，并装有轮子。出自尼尼微，公元前 7 世纪。

如果既不采用挖坑道并借助龟形装甲的方法打开城墙缺口，也不使用攻城槌，那么还可以通过许多其他途径占领城墙。在使用云梯失败的情形下，部队可以用土堆出一个斜坡，一直延伸到城墙顶部，就像恺撒公元前 52 年在进攻布尔日时用过的办法一样。建造一个可移动式塔楼，也不失为一个很好的选择，这也是古代伟大的发明创举之一（图 648）。这种塔楼从马其顿人时期起就得到了大规模的应用，正像亚历山大和德米特里在向罗得进攻时就建造了城市毁灭者（*helepolis*，一种可移动攻击塔）一样。塔楼下面是一个底盘座，应该装有许多轮子，上面是一个 10 层或 20 层高的木头架子，中间有梯子，可以让士兵一个接一个地往上爬。塔楼外层是蒙有兽皮的坚硬木板，以防止守御者投掷火罐。塔楼底部常常安装有攻城槌，顶层装有发射器，通过小孔向外发射。在适当的高度还装有吊桥，以备士兵随时突然出击城墙和城墙塔楼。据维特鲁威记载，较小塔楼高 90 英尺，

717 底盘座面积25英尺见方，较大塔楼的高度是较小塔楼的两倍，底盘座面积有33英尺见方。

尽管这样的尺寸看起来似乎很荒谬，但有足够的证据表明这种塔楼确实建造和使用过，而且高过任何一座第一流城市的城墙。据推测，这种塔楼重100多吨——这并不是不可能实现的。毫无疑问，当时人们采用了滑轮组，把这座庞然大物拖拉到适当位置。对设计师来说，除了有受敌人攻击的危险外，这样的任务要比把巨型石料从埃及运到古罗马广场容易得多。

在罗马时期，因为攻城方式变化不是太大，守城原则也趋于保持不变。由于篇幅所限，我们在这里无法详细描述防御的方法，尽管罗马人肯定投入了巨大的人力来构筑城市防御工事。我们特别说明以下几点：(a) 伯里克利 (Pericles) 时代以后，所谓的“多边形”建筑风格——建筑中保持石块不规则的形状——被放弃了，而代以巨大的方形石块（图版40A、41A）。(b) 早期的门是在墙上凿出的不规则的长方形门洞，后来，希腊人及罗马人建造了形状各异的巧妙的门式迷宫，从而最大限度地暴露、拖延强行攻入的敌人。(c) 修建垛口以提高城墙的防御能力，并把城墙筑成台阶式（图649），以便向进攻方未防护的右侧投掷石块、火器等。(d) 墙体的建筑结构更为复杂，常有一条、两条或更多条多层长廊（图650），包括精巧的楼梯和塔楼间通道等，这



图647 “龟形”装甲，出自图拉真圆柱雕像，约110年。

在罗马帝国时期的墙体上至今也能看到。(e) 随着攻城机械的发展，防御设施也不断加强，包括至少3条深沟和同样多的同心城墙，并修建塔楼予以支援(图651)，主要的目的是从城内控制每座城墙，使进攻者攻城时不得不逐个应对。

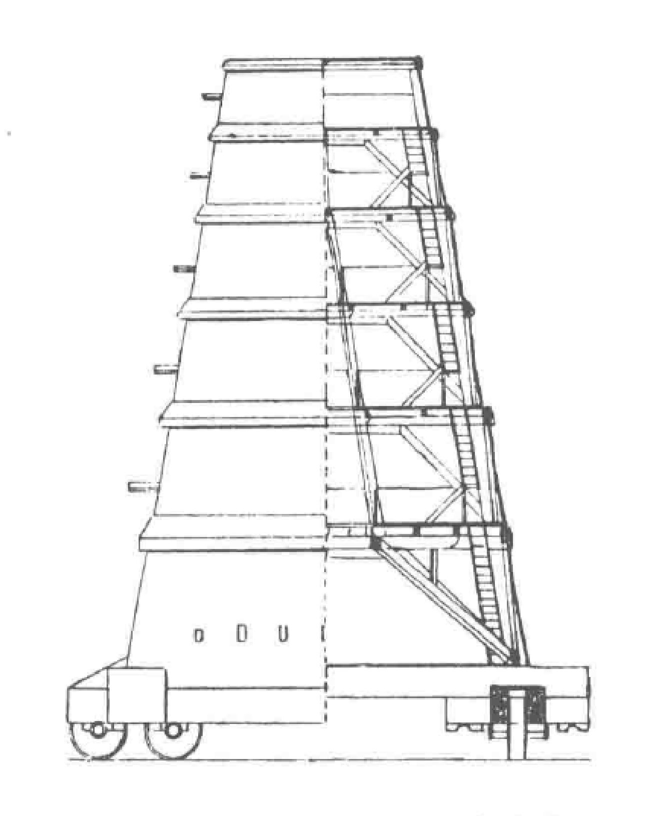


图648　攻城时用的可移动式塔楼（复原图）。

718

罗马城的防御设施堪称建筑方法的范例，其中许多设施至今保存完好，例如在都灵和特雷夫斯(图版41A、B)。罗马人也首先系统地注意到驻扎远征军和守卫边界两个防御中的问题。不管营地是暂时的还是永久的，构筑营地的方法都通过军事纪律来确定，挖沟、筑垒、军队的驻扎和军团中各种职责都有细致的规定，图拉真圆柱的雕刻作品中显示了执行诸如筑城墙之类任务(图652)的场景。依靠这些营地，尤其是驻军营地，军队就可以控制大面积的领土。然而，哈德良时代以后，人们发现仅仅占领不列颠和日耳曼的领土是

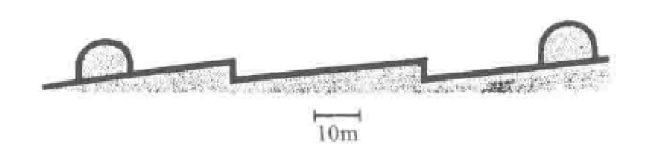


图649　阶梯形幕墙。

719

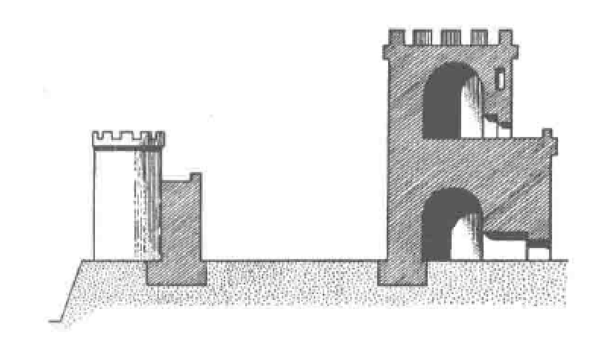


图650　尼西亚的防御性建筑剖面。

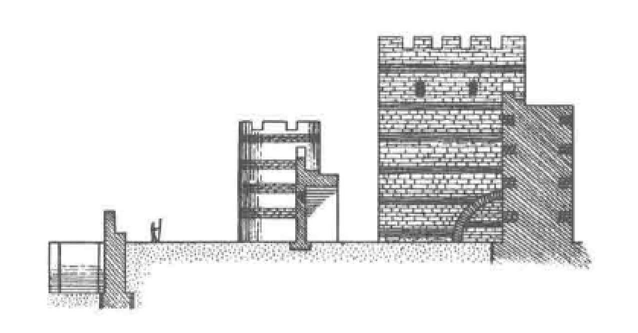


图651　君士坦丁堡防御建筑的剖面。

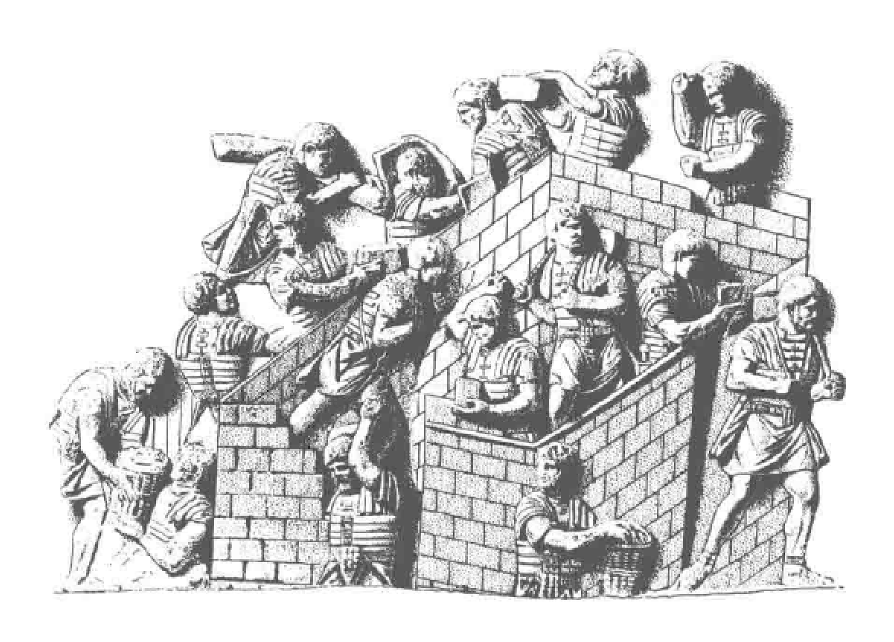


图 652 军队在构筑要塞（也许用草拌泥）。出自图拉真圆柱雕刻，约 110 年。

不够的，还必须保证被占领地区不受周围原始部落的袭击。因此，罗马的战略家们更愿意修建城墙、瞭望台、哨岗和据点来加强自己的“自然”边防。直到今天，这些伟大创举的遗迹仍然可见（图版 40B、图 653）。

提到日渐衰落的罗马帝国，不能不提到一个发明家——《论战争的物质要素》(*De rebus bellicis*) 的无名作者。他的活动时期为 370 年前后。人们曾经这样评价他：“整个伟大的罗马时期，没有什么重大技术发明，他是唯一一位很自觉很认真地努力提高他所处时代的技术水平的著名罗马人，并在许多领域中作了严谨的尝试。”[21] 他曾经描述过（夹在对其他事物的描述中）一种由牛拉动的桨轮船（图 549），3 种装备有长柄镰刀的敞篷战车，一种用膨胀皮囊做成的便携式浮桥，两种新型的弩炮，其中一种被安装在四轮马车上，而且没有用到扭矩原理。不幸的是，当时的人们不理解这些描述和插图的技术含义[1]。作者的目的很简单，就是节省人力：“战无不胜的皇帝陛下，您用这些技术发明装备您的军队，您那战无不胜的军队的力量会得到成

720

1 插图出自一部 10 世纪手稿的 15 世纪抄本，前者是早期一些原件的抄本。

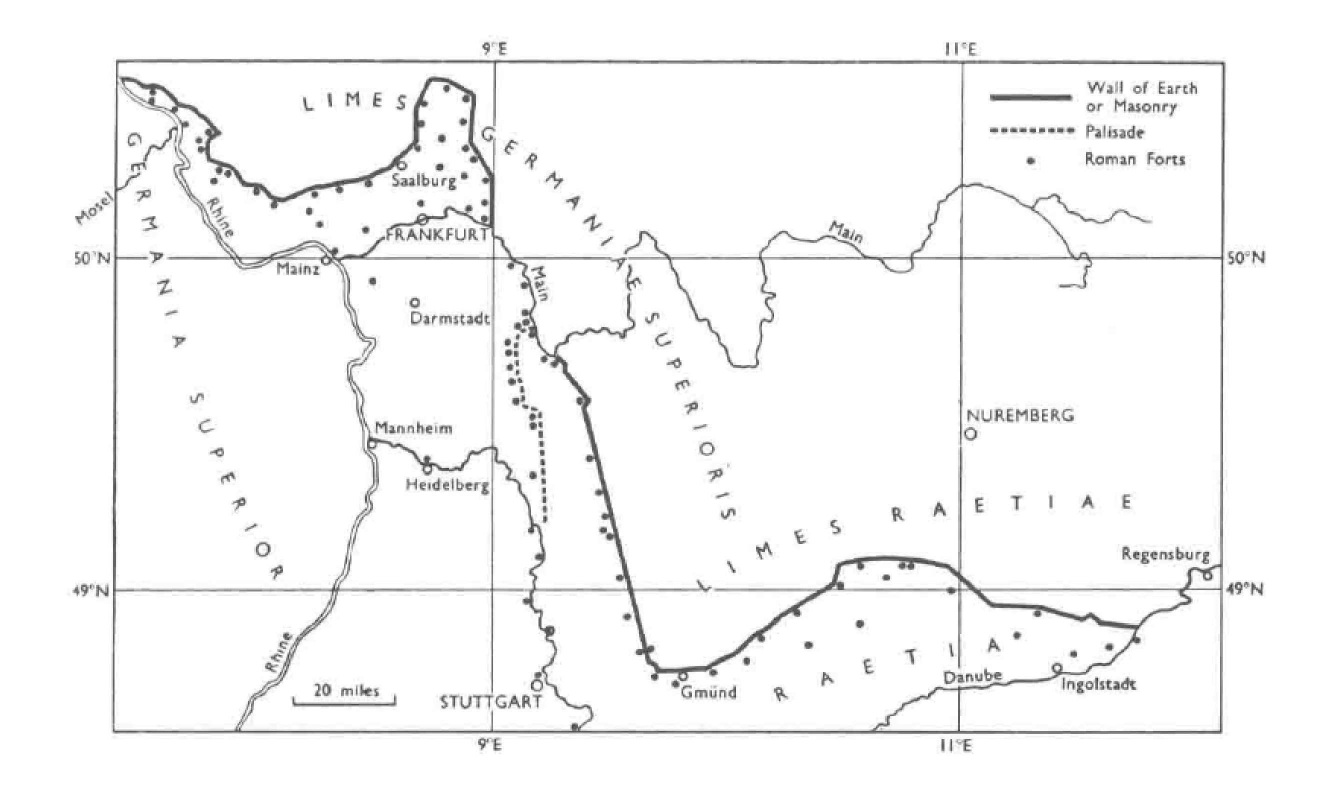


图 653　日耳曼帝国边界部分防线图和要塞分布。

倍的加强。反击敌人的入侵，不仅是力量的较量，还是机械智慧的较量。”[22]

20.3　中世纪时期（约 400—1400）

就西方而言，有关罗马衰落后最初 500 年里的记录很少，传统的建筑和筑垒技术失传了，有关罗马军队的组织和军纪也消失了。在新的野蛮时期，最有战斗力的战士是部落首领的亲兵，再就是国王及达官贵人的亲兵。他们的军事装备很简单，一些日耳曼人的确也从罗马人那里学到了一些片状或链式铠甲以及头盔的制作技术，其他人——例如侵略不列颠的撒克逊人——都穿着短外套作战，只有伦巴第族人有穿戴盔甲的骑兵。虽然前人已经使用极具杀伤力的轻型投掷式战斧，但法兰西人和撒克逊人仍然持矛握剑徒步作战。在 8 世纪北欧人引入之前，弓几乎不被使用，除了大草原上的掠夺性民族——例如匈奴人和后来的马尔扎人，没有人知道什么叫轻骑弓箭手。

在民族定居之后，尤其在榔头查理(Charles the Hammer) 732 年在普瓦捷击退伊斯兰民族的进攻后，这种两败俱伤的战争以及后来来自东部和北部的侵犯，增强了武器精良的骑兵在战争中的重要性。变化从查理大帝开始，他被描绘成在 773 年驰骋于伦巴第大平原的英雄，戴铁盔，着甲衣，右臂套护甲，腿部绑胫甲，手持矛、铁盾，佩短剑[23]。从查理大帝时期起，封建制度需要有装备良好的骑兵。9 世纪末以后，“*miles*”(拉丁文：士兵) 这个词就主要用来指重型骑兵，即英语的“knight”(骑士)。不久，骑士的铠甲更加完善，一种锁子甲被用来保护他们的脖颈和肩膀，甲衣变长，从腰至膝盖。同时，北欧海盗们已经身着一种锁子甲，在诺曼底和丹尼劳安居下来后开始学习骑马，成了危险的射手(这在黑斯廷斯战役中得到了证实)。他们还带来了双头斧，那是一种近距离拼杀武器。

721

正如我们所预料的那样，在拜占庭存在着完全不同的情况。那里虽然深受侵略者的蹂躏，文明化的趋势却很明显，罗马军队的组织管理和军事纪律至少在精神上保存了下来。军队分成几个单元(部分)，附设有机械师和救护员，完全用西方的标准装备。着铠甲的骑兵使用弓和矛，多数步兵也穿甲衣戴钢盔，都是弓手或剑手。

在西方，铁匠工艺技术的提高表现在铠甲制作技术的不断完善。到 12 世纪的时候，士兵的头部完全包在钢盔中，只露出眼睛和鼻梁，或者用链带(锁子甲) 罩住头部。中世纪后期真正的铠甲，与皮革和布料衣服完全不相干。人们将铁丝弯成环形，并通过焊接或铆接连接起来。当所有的铁环都被连上时，它们就像网一样互相交织在一起(图 654)。甲衣的手套保护手指，并与甲衣的袖子相连，脚和腿用精巧的形状遮盖。在甲衣下，下层骑士穿上垫有棉花(gambeson)[1]之类的东西，同时在士兵所拿的盾上标有徽记，防止同伴间相互辨认不出来。在 13 世纪时，士兵的外套胸部位置放置一块铁作保护，一直到

1 另一个名词是 acton，来自阿拉伯语 *al-qutn*，意为棉花。

14世纪后半叶，才逐渐发展到用金属片甲衣覆盖全身，以保护胸部和背部。铠甲制造者在金属片的连接方面创造出了许多精湛的技术，但是现在我们无法详细考察制作方法。由于这些装备很重，有时会使一些不再年轻的骑士死于心力衰竭。设计精美、做工考究、有金属镶嵌的完美铠甲，也许要到15世纪末才开始出现[24]。

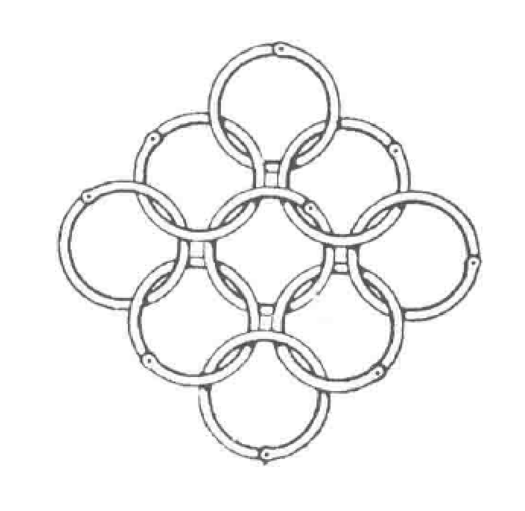


图654　锁子甲的网状结构。

这种十分累赘的铠甲的出现，很大程度上是由于投掷武器威力的提高，尤其是曾在克雷西造成严重杀伤（1346年）的英式长弓（English long-bow）的出现。英式长弓显然起源于南威尔士，大约在13世纪中期开始作为一种部族武器。也许有人怀疑它的发射物威力是否与钢制弩相同，或者说它的威力是否与现代复合型土耳其弩不相上下，然而它确实能够射穿不只一层锁子甲或薄金属板。它的发射速度远远高于弩，而且人们较为容易学会使用。弩的威力与松弦瞬间弦的张力及与弦作用于发射物之距离成正比，英式长弓的拉伸长度就是箭的长度，即从伸出的左手到右耳的距离，威力十分强大。 722

中世纪的手弩在战争中发挥的作用看来更大，因为它的历史似乎是古代投掷机械的延续。537年的罗马和886年的巴黎，都对用扳机发射并安装在壁垒上的大型弩都作了记载[25]。这似乎表明在最后的阶段，“罗马军队”用这种军械取代了更有威力的扭力弓。一些曲柄或者杠杆装置也应该用来拉紧弦，手弩则是后来发展起来的，也许是10世纪的事情。当手弩被十字军带到东方时，还被拜占庭认为是一个创新。 723

起初，手弩由角（horn）、肌腱（sinew）和木构件组成，基座尾部装有脚镫，弓弦通过一钩子连接在弓手扎在腰部的皮带上，弓手向下踩

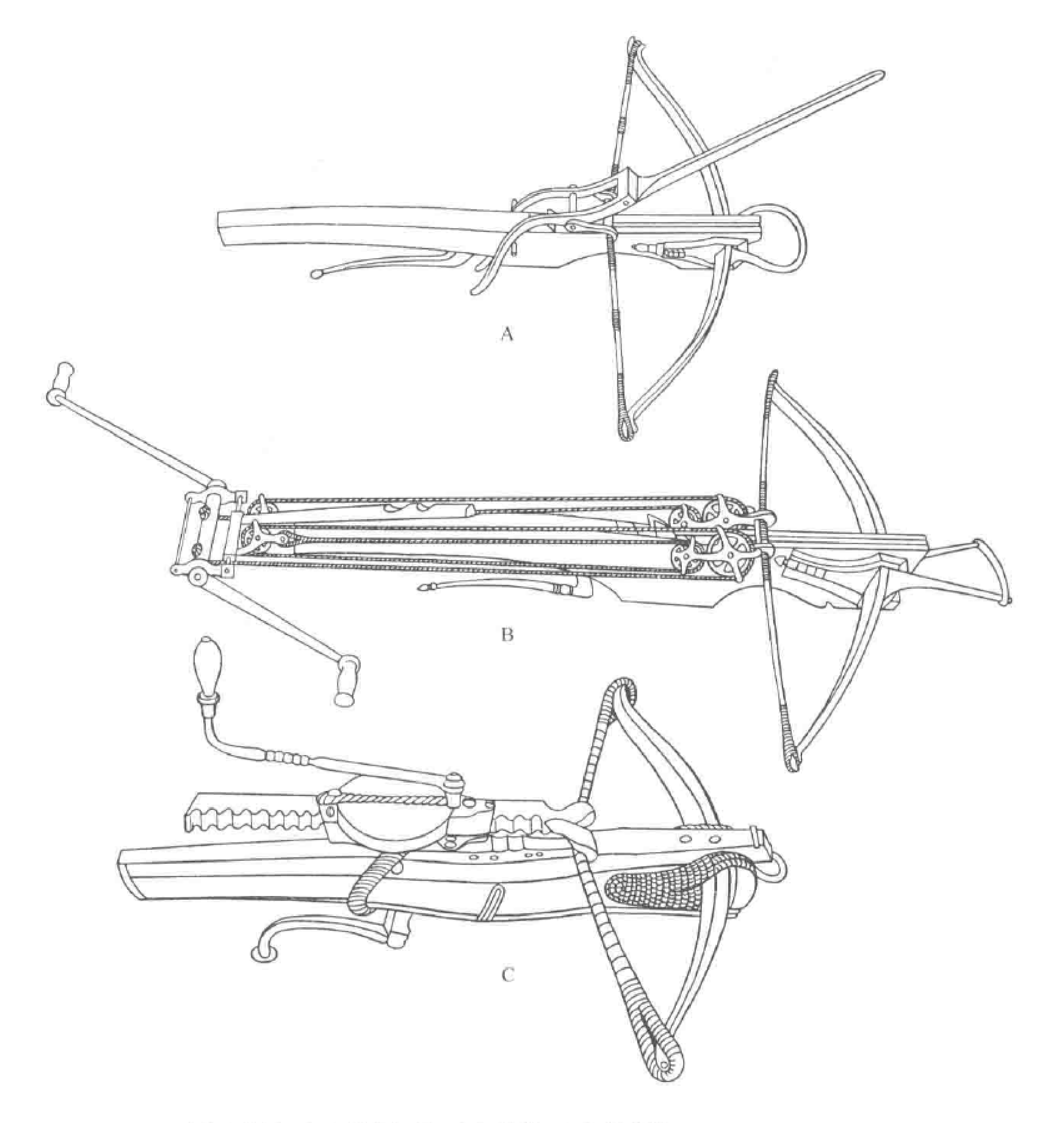


图 655　3 种不同形式的弩：(A) 羊角杠杆；(B) 绞盘；(C) 钢棘轮。

脚镫，弓就弯曲，弦同时就被拉开。至少从 1150 年到大约 1370 年，这种手弩在战争中普遍使用，在船上和马背上也能广泛使用。意大利人尤其是热那亚人，凭借能够熟练使用这种兵器而闻名。大约在稍后的 1370 年，弩上装配了结实的钢制弓，必须通过一个机械装置才能拉开，例如羊角杠杆、绞盘或者一种叫“*cranequin*”的压簧装置 (图 655)。后两种装置需要非常娴熟的制作滑轮和齿轮的金属加工技术，

cranequin 实际上是一种减速传动装置的实例，它只是比机械钟的齿轮装置出现得稍晚些。弩的锁定装置既简单又精巧（图 656）。钢制弩是一种很有威力的战争武器，一直到 1460—1470 年才开始被手铳所取代，持续使用了整整一个世纪。后来，它被用于狩猎，一直到 17 世纪甚至更晚。专为皇家制作的许多钢制弩（例如英格兰的伊丽莎白一世用过的），都是极为精巧的工艺珍品。

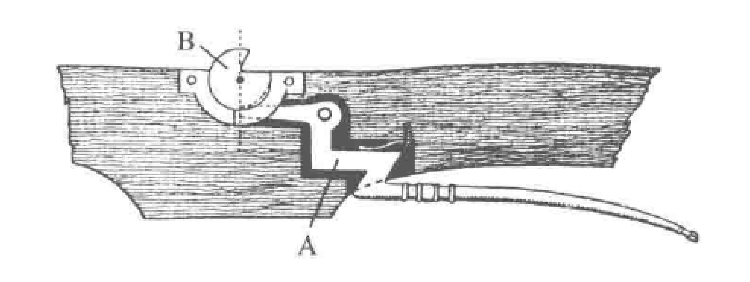


图 656 弩扳机：A 部分是坚硬的，这样当它朝箭匣方向扳动时，后面的转动轮 B 就会被触发，从而放出箭。

15 世纪普遍使用的军用弩重 13—15 磅，进攻用的弩需要在固定位置射击，重量更大并且威力更大。方镞箭（短的方箭头）重 2—3 盎司，带有钢制箭头，最大射程为 400—450 码。

中世纪较重的投掷机械都是罗马时期军械的翻版，这里无须赘述。投石机（拉丁语 *mangonum*，一种滑轮）就是一种简单的马尔切利努斯石弩，只不过采用了一个没有吊索的勺形臂。围攻战中所用的大型弩或叫“弩炮”（名称、叫法比较混乱），也是一个很好的例证，其中一种具有 3 个独立弓的弩晚至 1588 年才出现（图 657）。中世纪时期的发明是投石机，首次听说是在 1100 年。与巨型石弩一样，它的单臂可以在垂直面上运动，通过悬在枢轴另一端较重的平衡锤来驱动。这种系统听起来似乎异想天开，但是确实能起作用。无疑，在后来中世纪的围攻战中，简单的结构使得它得以普遍使用（图 583）。

724

有足够的文字和图片证明，中世纪后期大量发明的机械都专用于围攻战。在一些手稿中，反映围攻的图片全是老一套，通常都有一台投石机，武士们在攻打城墙或者城门，用剑、铁钉锤和战斧相互拼杀，奋力攀登云梯，两边的弩手都在奋勇杀敌。然而，中世纪时期的士兵不知道更多的作战方法，能够采用的绝大多数方法在古代世界就已为

人所熟知，例如挖地道、穿着防护服突击、使用撞槌、推着移动式塔楼，在原理上都没有多大变化。军队不会携带严格意义上的攻城设备，都是在战事急需时当场制造。毫无疑问，普通士兵中会有一定量的木匠（图350）和铁匠，那时的欧洲有充足的木料。也许金属构件会随军携带，但它们大多完全可以在当地村子的铁匠铺中制造。即使在壁垒坚固的地方，也不会有整套设备放在那里备用。显然，这个问题是火药发明之前技术发展的一个严重障碍。火药发明之后，军队就不得不携带军械装置了。

725

这就是某些理论家所要面对的问题。特别是在十字军东征时，远征军不得不应付一些诸如食物、饮水、饲料、木料和军需品之类的问题。远离家乡生活在叙利亚或者巴勒斯坦，不可能像在欧洲那么方便，而且要做好穿越沙漠的准备。

考虑到这一问题的作家是萨努多（Marino Sanudo），也称老托尔

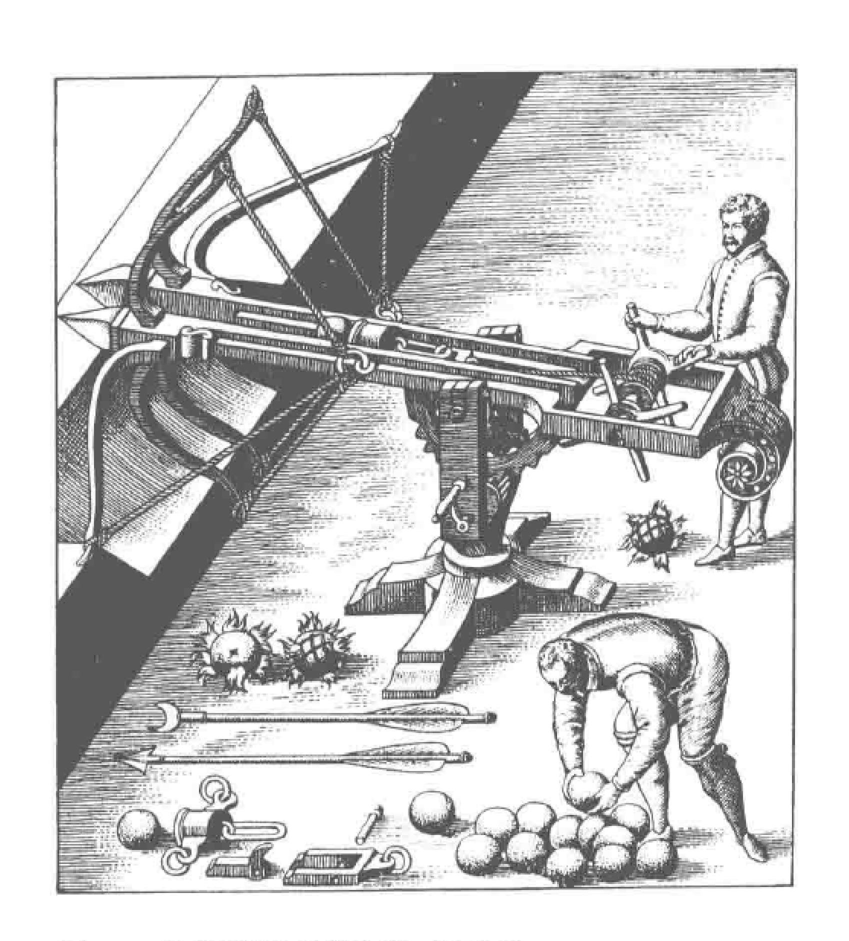
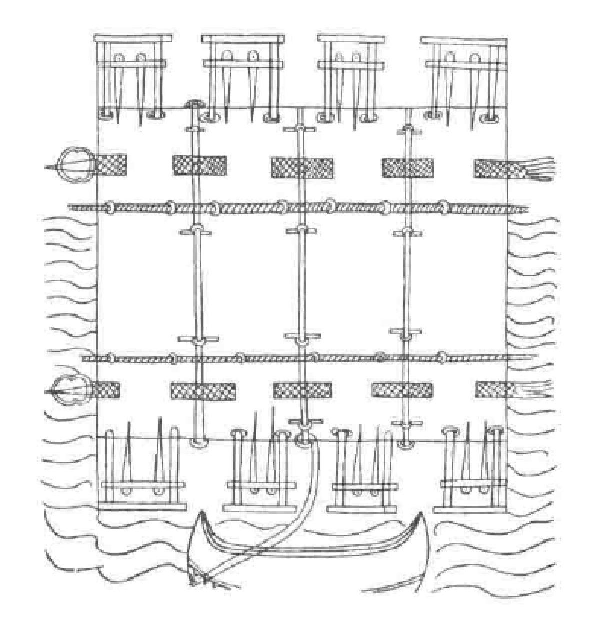


图657　拉梅利设计的围攻弩，1588年。



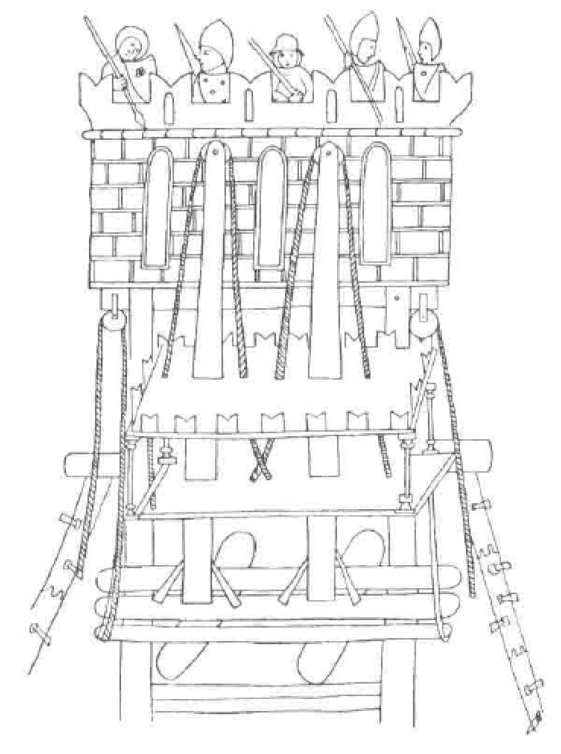


图658 吉多在1335年发明的军用工程机械。（上）便携式浮桥，（下）移动式塔楼。

塞勒斯（Torsellus the Elder，约1260—1337）。他是一位经验丰富的近东旅行家，根据具体情况作了很多评论，包括弩炮和其他作战机械的制造，这些机械的海运以及东征所需的物资贮备[26]。但是，他对工程方面的细节并不感兴趣。在错过一次成功机会后，另一位非凡的人物也希望推进一次圣战，他就是吉多的维拉齐奥（约1280—1350），一位法国宫廷的意大利医生。他的目的是减轻必须携带的工程材料的重量，以使它们在使用上具有更大的灵活性。显然，他很熟悉手工艺技巧，试图使用驮畜运送小型、可互换的零部件，用它们装配桥梁或者攻击性塔楼（图658）。他也懂得蹼轮木船的原理（图594），并设计发明了完全封闭的战车即“坦克”，既有用人力转动曲柄推动前行的，也有依靠风力推动前进的（图659）[1]。其中的一些设想，后来的发明家们——甚至包括达·芬奇——都曾重复或者模仿过，并在此基础上又有所发展。这些插图足以表明，由于缺乏对透视法的了解，中世纪的绘图员难以将图画得更

726

1 这是一个有意思的例子，其中应用了传动装置和轴系，将这些装置引入风车后，在很短时间内就可以实现动力传输。

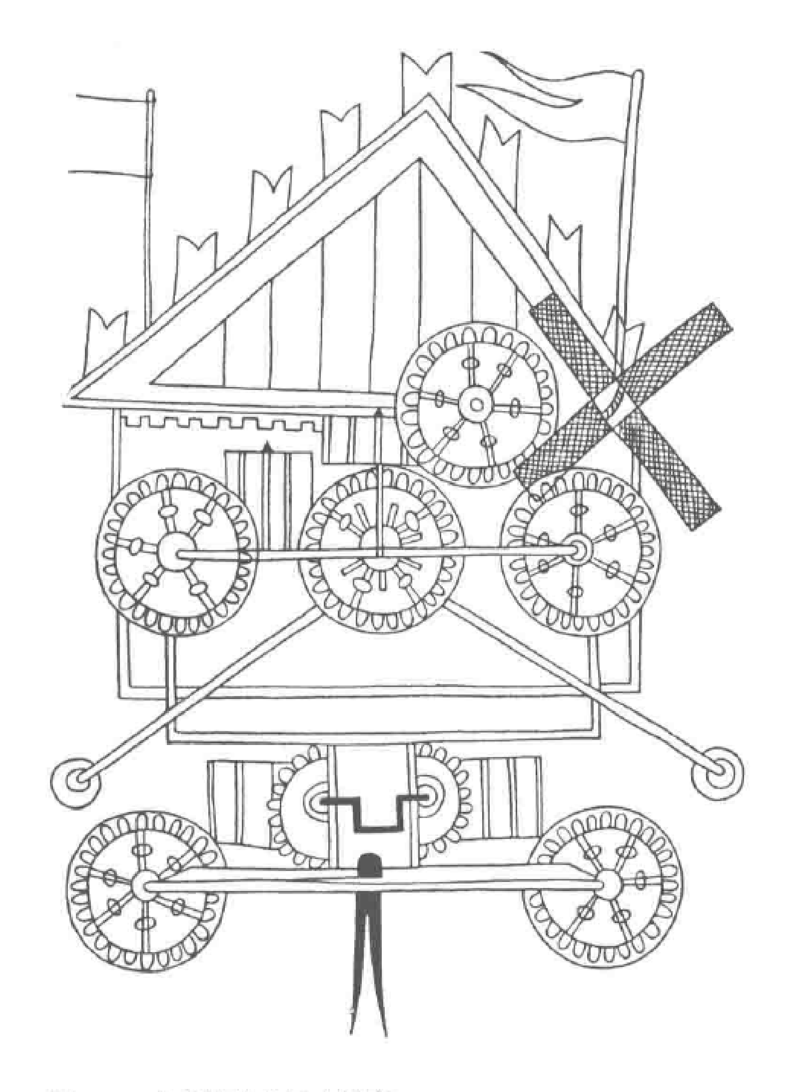


图 659　吉多描绘的风力战车。

精确，他们的文章同样也表现出技术词汇的不足[27]。

未来的前景取决于另一个方面，即火药和火炮的发展以及蒸汽机和内燃机等新一代大型机械——的发展。中世纪烟火材料的发展史在其他章节已有论述（第 10 章），这里仅仅注意到一点就足够了，即尽管“希腊火器”是西方发明的，但火药也许来自东方[28]。

然而，作为战争中起决定性作用的武器，火器是在欧洲得到迅速发展的。到 1325 年，火炮肯定已被使用了，其第一张图片（也许不是由曾经见到过那种新型武器的艺术家创作的）是两年后的作品。据记载，火器在梅斯出现的时间是 1324 年，在佛罗伦萨是 1326 年，在不列颠是 1327 年。到那个世纪中期，火炮几乎是军火库存往来账目

中的常规物品[29]。从1345年开始，爱德华三世采购火枪用于进攻法国的战争，并在次年用于对加来的围攻，尽管在克雷西战役中似乎还未用到火枪。早期的火炮很小，有时重量不超过20—40磅，即使在14世纪晚期，150磅重的就可称为"大型火炮"了。制造火炮的(不是铸造成型)金属材料到底是铜、青铜还是黄铜，现在还不能肯定，也许是用锻铁制成的，结合部位应该是用铆接、铜焊或者锡焊。大约到14世纪中期，用铜合金铸造的火炮才出现，这一世纪末出现了大型组合锻铁火炮。与口径相比，初期的火炮显得很短，发射的是镖或方头箭，不是实心球。火炮直接卡固在一根结实的木梁上，木梁则安装在固定的木制框架上，但没有轮子。这一时期的火药非常昂贵，只能少量获得。然而，从这一世纪中期开始，火炮的尺寸迅速增大。在理查二世统治时期(Richard Ⅱ,1367—1400)，为伦敦塔购买的火炮每门重达300—400磅，甚至600磅。至少其中一些火炮采用了新的建造方法，用许多平行的铁棒制成，围绕中央芯条排列并焊在一起，焊接后再把芯条去除。火炮的一端被堵上，炮管用收缩的铁环加固。虽然锻铁与铸铁相比更不容易破裂，但在1460年的时候，一门这种类型的大型火炮爆裂并炸死了苏格兰的詹姆斯二世(James Ⅱ)。到1350年，球形发射物已被应用，后来又用石球取代了铁球，毕竟石球要廉价得多(边码74起)。

727

早期火器发展史上，技术发明的数量之多令人吃惊。14世纪中期后不久，一种老式机关枪即排枪开始流行。它由许多枪管组成，安装在木框架上并装有轮子，可以连续发射。它还配有后膛装填部件，一个铁制的短圆柱体通过一个楔子固定在开口的后膛上。但是，这样的系统被证明存在危险。最终，在木制基座上安装了小型枪管，这就成了手枪。从15世纪早期的几年开始，手枪逐渐成为占主导地位的武器。这种新型枪炮当然促进了冶金技术的快速发展，关于新技术的论著很快开始流传，例如1420年的《火药书》(*Feuerwerkbuch*)论及

了火药、火炮的制造和使用[30]。

在 14 世纪末之前，虽然进攻机械中的投石器已经不再使用，但火药对战争的作用也并没有即刻显现出来。例如，手弩仍然在向完美的形式发展，铠甲也远没有被放弃。甚至在 17 世纪，军械师们仍然在制造防护盔甲，以防手枪或者步枪子弹的射击，尽管需要更厚更重的金属片。枪一直是一种需要其他武器配合支援的进攻性或骚扰性武器，它在激战中的作用远不是决定性的。直到中世纪结束，这种情况才有所改变。由于进攻和防御两方面的需要，枪的作用发生了最迅速的变化，因为中世纪城堡的坚固城墙和牢固的城门，在火药面前实在是很脆弱。在火炮发明之前的一个半世纪，原始坚固的单块巨石建筑——最好的是诺曼人的石建要塞（如伦敦塔）——让位于一种围廓系统（就像很久以前的古代世界一样），这种建筑必须一个一个地夺取。后来的城堡也是一样，既依赖于它们有利的地形位置，也依赖它们结构的坚固程度。在 14 世纪和 15 世纪，这种封建时代后期的堡垒失去了战术意义，静态防御方式不再是单个城堡的形式，开始采用要塞型城市的形式。出于这样的目的，同时也是为了防御围攻者的火炮，就需要有新的军营设置原则，这一原则在 16 世纪和 17 世纪的多角形筑垒设防中逐渐完善，伟大的法国工程师沃邦（Vauban，1635—1707）使其发展到了顶峰。

相关文献

[1] Tarn,, Sir William W. "Persia from Xerxes to Alexande." in 'The Cambridge Ancient History' , Vol. 6, pp. 18 ff. University Press, Cambridge. 1927.

[2] *Idem.* 'Hellenistic Military and Naval Developments' , p. 105. University Press, Cambridge. 1930.

[3] Pliny *Nat. hist.*, VII, lvi, 201. (Loeb ed. Vol. 2, p. 640, 1947.)

[4] Kromayer, J., Veith, G., *et al.* 'Heerwesen und Kriegführung der Griechen und Römer.' Handb. Altertumswiss., Abt. 4, T. III, Bd. 2, p. 234. Beck, Munich. 1928.

[5] Stein, Sir (Marc) Aurel. 'On Alexander' s Track to the Indus' , pp. 136, 146 ff. Macmillan, London. 1929.

[6] Tarn, Sir William W. See ref. [2], p. 114.

[7] Vegetius I, xx.

[8] Procopius *Hist. bellorum*, I, i. (Loeb ed. Vol. 1, pp. 4 ff., 1914.)
Toynbee, A. J. 'A Study of History' , Vol. 3, pp. 162 ff. Oxford University Press, London. 1934. For comment on the above passage.

[9] Vegetius IV, xxii.

[10] *Idem*II, xxv.

[11] Hero of Alexandria. Diels H. and Schramm, E. (Eds and Transls). 'Herons Belopoiika. Schrift vom Geschützbau.' Abh. preuss. Akad. Wiss., phil.-hist. Kl., 1918, no. 2.
Prou, V. 'La Chirobaliste de Héron d' Alexandrie.' Not. Extr. MSS. Bibl. Nat., Vol. 26, ii, p. 59. Paris. 1877. This contains a French translation of the relevant passage.
Schramm, E. 'Griechisch-römische Geschütze.' Scriba, Metz. 1910.

[12] Kromayer, J., Veith, G., *et al.* See ref. [4], pp. 230 ff.

[13] Prou, V. See ref. [11], pp. 63 ff.

[14] Vitruvius X, x-xii. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 326 ff., 1934.)

[15] Prou, V. See ref. [11], pp. 95 ff.
Kromayer, J., Veith, G., *et al.* See ref. [4], p. 235.
Schramm, E. See ref. [11], Pl. vi.

[16] *Idem.* See ref. [11], pp. 27 ff.

[17] Ammianus Marcellinus XXIII, iv, 4–8. (Loeb ed. Vol. 2, pp. 326 ff., 1937.)

[18] Payne-Gallwey, Sir Ralph W. F. 'A Summary of the History, Construction and Effects in Warfare of the Projectile-Throwing Engines of the Ancients.' Longmans, Green and Co., London. 1907. This work gives interesting and full details of the construction of mechanical artillery. The gallant knight, however, used a number of devices not attested in the ancient authors. Probably his machines performed as well as anything of equivalent size built in antiquity.

[19] Plutarch *Vitae parallelae: Marcellus*, xiv–xix. (Loeb ed. vol. 5, pp. 468–86, 1942.)

[20] Josephus *De bello Judaico*, III, vii; V, vi–x. ('Works' trans. by W. Whiston, pp. 756 ff.; 833 ff. Routledge, London. 1906.)

[21] Thompson, E. A. (Ed. and Trans.). 'A Roman Reformer and Inventor. Being a new text of the treatise *De rebus bellicis*' , p. 44. Clarendon Press, Oxford. 1952.

[22] *Idem. Ibid.*, p. 120.

[23] Oman, Sir Charles W. C. 'A History of the Art of War in the Middle Ages' (2nd rev, ed.), Vol. 1, p. 86. Methuen, London. 1924. I have drawn heavily on this work for the medieval period.

[24] Ffoulkes, C. J. 'The Armourer and his Craft from the XIth to the XVIth Century.' Methuen, London. 1912.

[25] Oman, Sir Charles W. C. See ref. [23] , pp. 137 ff.

[26] Sanutus, Marinus (the Elder). *Liber secretorum fidelium crucis super Terrae Sanctae recuperatione et conservatione*, II, iv, 8, in *Gesta Dei per Francos*, ed. by J. Bongars, Vol. 2, p. 59. Heredes Aubrii, Hanover. 1611.

[27] Two manuscripts exist: one is in the Bibliothèque Nationale in Paris (Fonds latin 11015), the other in private possession.

[28] Goodrich, L. C. and Fêng Chia-Shêng. *Isis*,

36, 114, 1946. Wang Ling. *Ibid.*, 37, 160, 1947.

[29] Tout, T. F. *Engl. Hist. Rev.* 25, 666, 1911.

[30] Hassenstein, W. (Ed. and Trans.) 'Das Feuerwerkbuch von 1420. Neudruck des Erstdrucks.... 1529.' Deutsche Technik, Munich. 1941.

参考书目

The literature on the early history of artillery is extensive. General histories of war including chapters on this subject are:

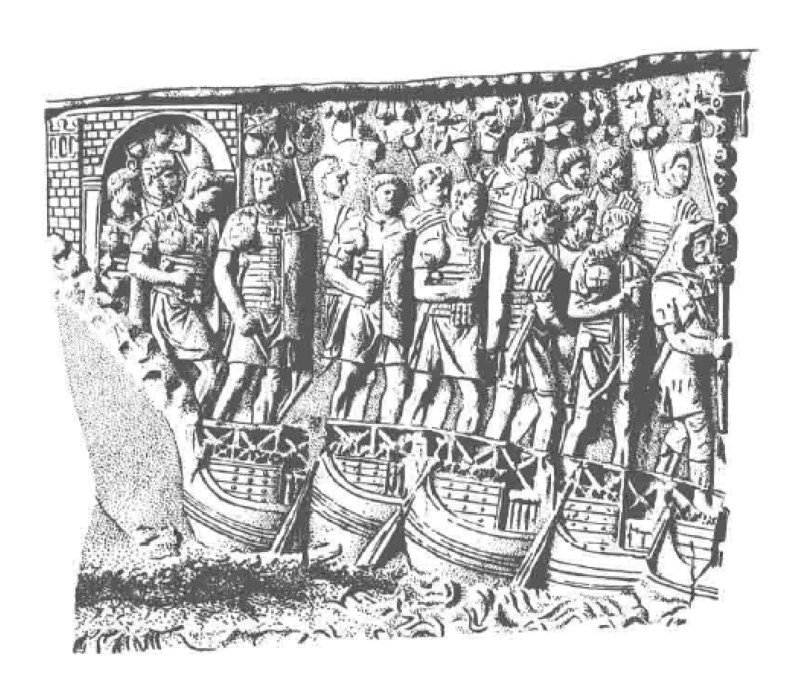
Köhler, G. 'Die Entwicklung des Kriegswesens und der Kriegführung in der Ritterzeit' (3 vols). Koebner, Breslau. 1886–7.

730

Jähns, M. 'Geschichte der Kriegswissenschaften vornehmlich in Deutschland' (3 parts). 'Geschichte der Wissenschaften in Deutschland', ed. by Hist. Komm. bayr. Akad. Wiss., Vol. 21. Oldenbourg, Munich. 1889–91.

Delbrück, H. *et al.* 'Geschichte der Kriegskunst' (7 parts). Stilke, Berlin. 1900–36.

Among specialized works Napoléon III and Favé, I. 'Études sur le passé et l' avenir de l' Artillerie' (6 vols), Dumaine, Paris, 1846–71, though old, and Ffoulkes, C. J. 'The Gun Founders of England', University Press, Cambridge, 1937, are useful.



罗马士兵乘坐小船通过多瑙河。出自图拉真圆柱的浮雕。约 110 年。

第21章 炼金术装置

E. J. 霍姆亚德 (E. J. HOLMYARD)

可以大致给炼金术 (alchemy，源自阿拉伯语 al-kīmīa) 下这样一个定义——为了无限延长生命而把贱金属转变为黄金及制备长生不老药的一种技艺。它包含两方面的内容，一方面是臆测性思考的神秘而又非常复杂的学问，另一方面是一门运用化学、冶金学操作的实用技术。炼金术的理论与我们关系不大，与其后的化学理论也几乎没有联系。不过，炼金术实践是应用化学和化学技术的直系祖先，虽然其他各种技术也在建立近代纯科学和应用科学的过程中有所贡献。

炼金术理论的起源目前还不清楚，它可能独立地起源于不止一种早期文明。在西方，它的起源确实得益于亚里士多德的物质属性的观点及毕达哥拉斯学派关于数的理论[1]，但大量材料证明炼金术理论的基本思想源于古波斯帝国，其领土包括美索不达米亚、小亚细亚、叙利亚和埃及。福布斯 (Forbes) 认为，炼金术的兴起有3个思想来源：(a) 古代近东的哲学和技术；(b) 伊朗和印度文明的哲学信条；(c) 希腊的哲学与科学[2]。

炼金术士们坚信，贱金属——例如铜、铅、锡和铁——作为一种单一的金属物质是不纯和不成熟的，当它处于纯的和成熟的状态时就表现为黄金。他们由此得出结论，如果一种贱金属能被提纯或使其成熟，它就可以变成黄金。讲究实用的炼金术士们把主要努力放在了这

种转变上，注重理论的炼金术士们则在接受这种转变观念的基础上，编制了一些缺乏事实根据的假设去解释它，甚至走得更远，在对金属质变作了一番推论后，把它与人性及人与上帝的关系联系到一起来。

732

这种延伸通常会走到占星术和巫术的边缘，例如幻方差不多就是建立在金丹理论的基础上的。然而，泰勒（Sherwood Taylor）指出，炼金术士们通常避免像黑巫那样陷入恶魔符咒的泥潭，会把自己局限在自然巫术的范围，或是探求幻想中的物体之间隐藏着的关系[3]。强烈的宗教神秘主义色彩贯穿于整个注重理论的炼金术中，所有的炼金术知识意味着“关于宇宙总体的更深层的知识”，以及“有助于理解造物规则和可能战胜自然的另一种秘诀”[4]。

无论对金属还是对人来说，实用的炼金术过程却包括两类事实，分别是寻求长生不老药和人造黄金。很明显，它根本没能成功，实验的结果逐渐被吸收进与医学相关的化学（iatrochemistry），发现和改进了很多重要的药物。设计用来引起物质转变的冶金操作历史比较悠久，试验中经常发现合金或类似黄金的东西。对于炼金术士来说，成功不但始终有希望，而且经常存有可能，而不是几乎不会降临。一条总的原则是，当一种物质加入或是溅射到一块预备好的贱金属上面，将会发生预想中的转变。这种称为点金石（lapis philosophorum）或哲人石（philosophers' stone）的物质，被认为是一种红色长生不老药，具有一种把几百倍或几千倍于自身重量的铜、锡、铅或水银变成“比金矿还纯”的纯金的能力，劣等的“点金石”——一种白色的长生不老药——则仅能把贱金属转变为完美程度次于黄金的银。对这种臆想中的催化剂最夸张的观点，来自一位认为大海是由水银组成的炼金术士，他夸耀自己能实现这种转变——“如果大海是由水银组成的，我能把它变成黄金”。比寻求长生不老药更没有意义的是对于一种“宇宙溶剂”（万能溶剂）的追求，直到就连稍有常识的人都会对如何保存这种物质提出诘问时，这种追求才告终止。

关于炼金术的最早论述来自希腊化的埃及地区[1]，其中最古老的也许是《物质和神奇的东西》(*Physika kai Mystika*)。这本书的作者德谟克里托斯(Demokritos)可能生活在2世纪，不要跟阿夫季拉的著名哲学家德谟克里特(Demokritos of Abdera，卒于公元前376年)相混。潘诺普列斯的苏西莫斯(约300年)搜集了大量的炼金术材料，他本人也写过关于炼金术的著作。他对在他之前的有关炼金术的著作进行评论，后来被希腊人和埃及人——例如奥林匹德罗斯(Olympiodorus，约425年)——汇编成册。这些著作中有一部分被翻译成法语，由贝特洛(Berthelot)在他的《古代炼金术大集》(*Collection des anciens alchimistes grecs*，1887—1888)一书中收录出版。

733

我们可以假设炼金术士们对于他们当时的金属熔炼(第2章、第13章)、玻璃制造工艺(第9章)、印染(边码364—369)及其他类似的技术都很熟悉，这种假设也确实为文学作品所证实。

在早期的希腊著作中，我们首先看到的是专为炼金术目的设计的仪器设备，其中有代表性的是蒸馏器和一种叫作蒸馏皿(*kerotakis*，边码734)的分馏装置。图660是几种当时所使用的蒸馏装置，根据巴黎的国家图书馆(Bibliothèque Nationale, Paris)所存手稿重绘，图中有细颈瓶、蒸馏器、冷凝器、接受器、熔炉、沙浴器或水浴器、三脚架和蒸馏皿。

有一种蒸馏器带有能被加热的容器[2]，容器的顶部带有排水管，这种头部被称为蒸馏头(*ambix*)。但是，蒸馏头后来常被用于指整个蒸馏器，经由阿拉伯语 *al-anbīq*，形成了我们现在所用的词汇“蒸馏器”(alembic)。某些蒸馏头有3个喷嘴(图661)，被称作三臂蒸馏器，发明者是一位女犹太炼金术士马雷(Mary the Jewess)，传说中她是摩西

1 据说中国远古时就已有了炼金(丹)术，但是对于这一点还没有确切的资料可以证明。李约瑟《中国科学技术史》即将出版的那一卷(第一卷出版于1954年)可能会解决这个问题，但同时它说明早期中国的炼金(丹)术主要是寻求一种“长生不老药”。

2 在中世纪的炼金术中称作葫芦型蒸馏器(cucurbit，拉丁文 *cucurbita*，葫芦)。

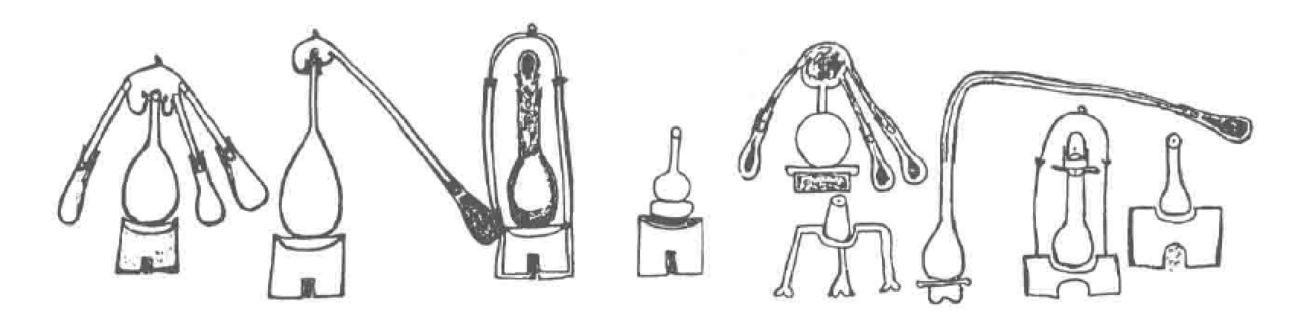


图 660 希腊炼金术的装置图。
有蒸馏皿、蒸馏器、烧瓶、水浴装置、沙浴装置。

(Moses) 的姐姐，名字叫作米丽娅姆。经苏西莫斯引证，马雷的著作中给出了一些制作三臂蒸馏器的要点，例如应制作 3 根铜管或青铜管，每根长 1.5 肘尺，管壁比糖果店里用的煎盘稍厚，每根管的末端应做得与接受瓶颈尺寸相符，另一端与铜或青铜的蒸馏头焊接在一起，蒸馏头应接在盛有被加热物质的陶器上，连接处用糨糊密封，在排水管与接受器之间也是如此。

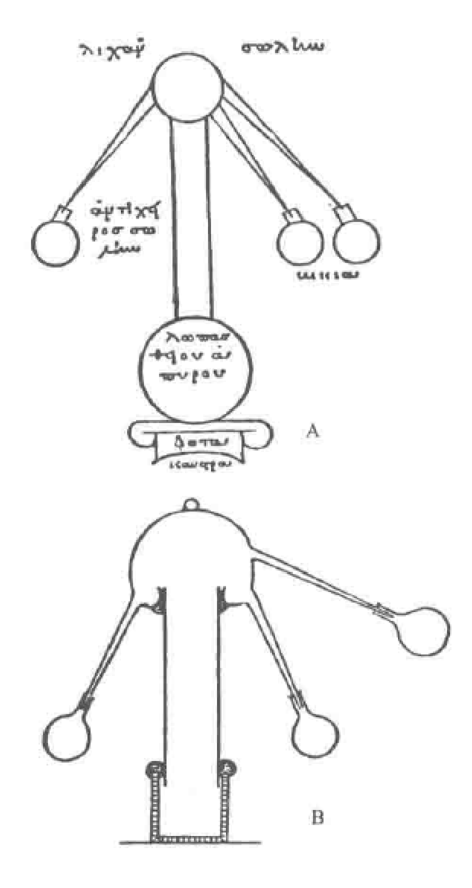


图 661 (A) 架在加热器上的三臂蒸馏器；(B) 这种蒸馏装置的复制品。

后来，一种叫“智土”(clay of wisdom) 的密封材料得到广泛推崇。依据其中一种制法，它由三分之二除去了碎石的黏土和三分之一干粪及碎毛状物组成。软木塞和橡胶管仍然是遥远未来的事情。

犹太人马雷还被认为是重要的化学仪器——水浴器的发明人，并且还是蒸馏皿的发明人。在希腊的有关炼金著作中，对蒸馏皿有广泛的描述。当时，绘画通常采用蜡画法，即把颜料混合在熔融的蜡中——通常用蜂蜡，并用刷子刷到画架上。蒸馏皿是一种金属的盘子或调色板，通常呈三角形，被画家们支放在一个小炭炉上，以便使颜料保持液态。

在炼金操作中，蒸馏皿被放在一个底端密封的圆筒形容器里，内盛水银、硫磺或其他通过加热将完全或部分气化的物质，在蒸馏皿[1]上面放置要用蒸气处理的金属（一般做成箔或粉）；仪器的上部用一个半球形的盖封住（图 662）。加热过程中，易挥发物产生蒸气，其中一部分沁入金属，其余部分在仪器的顶部冷凝后流回底部。实际上，这种回流在在加热过程中持续进行。根据使用的金属和蒸气的不同，生成物的性质也不同。如果蒸馏皿上放的是铅和铜，用硫来产生蒸气，则会产生一种黑色物质，得到炼金术士们的高度注意。他们假定黑色物质或变黑的过程（*melanosis*）代表了转变的第一阶段，进而在理论上认为，其后分别变白（*leukosis*）或产生白色物质、变黄（*xanthosis*）或产生黄色物质，有时还会出现更进一步的变紫（*iosis*）或产生紫色物质。

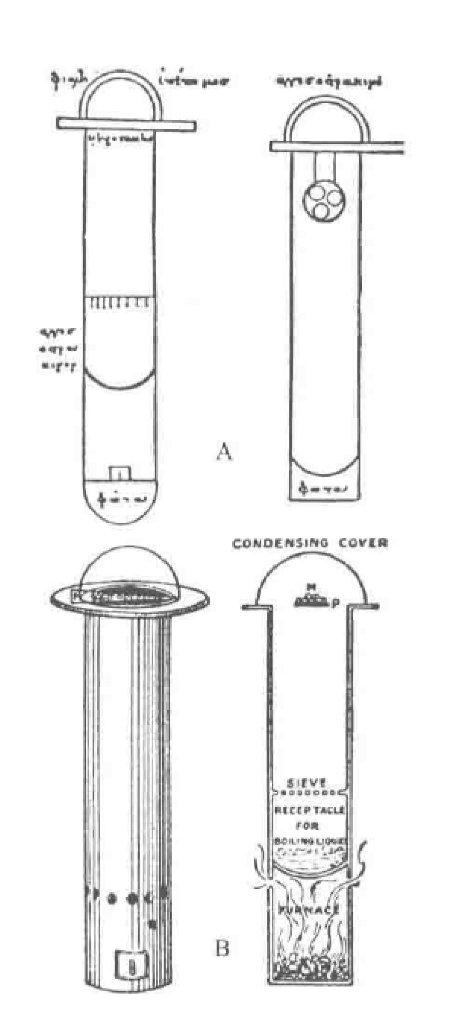


图 662　蒸馏皿或者分馏装置。(A) 希腊著作中所示；(B) 泰勒推测的复原。

735

希腊的炼金术士们共提到了大约 80 种不同类型的仪器装置，包括“熔炉、灯、水浴器、灰浴器、媒剂床、反射炉、煅烧锅、坩埚、盘、烧杯、广口瓶、细颈瓶、管形瓶、杵和臼、过滤器、滤网、长柄勺子、搅拌棒、蒸馏器和升华器。据称，“在他们的工作中，所有这些都作为实验室器具首次出现，这些器具经适当改进后直到今天仍在使用”[5]。

400—700 年间炼金术的命运，我们知之很少，没有理由推测在此之间出现过惊人的变化。随着伊斯兰教的出现，炼金术获得了很大的发展动力，同时开始有了更为理性的前景。632 年，先知（The Prophet）

1　跟蒸馏瓶一起使用时，蒸馏皿（kerotakis）常用来指整个蒸馏装置。

去世。此后的一个世纪内，他的信徒们攻占了波斯、小亚细亚、叙利亚、巴勒斯坦、埃及和整个北非沿岸、直布罗陀海峡和西班牙。直到732年，铁锤查理在普瓦捷打败了他们，才阻止了这种西进势头。令人惊奇的是，伊斯兰教徒们很快就表现出了渴求知识的热情，并且在古希腊的知识中心里得到完全释放。在诃伦（Hārūn al-Rashīd）和马蒙（Al-Ma'mūn，8—9世纪）等人的统治下，大量的研究院和天文台建立起来，希腊有关哲学、天文学、数学、医学和其他科学的主要著作被翻译成阿拉伯语（主要由说古叙利亚语的基督教徒完成）。不久，伊斯兰世界就产生了自己的学者。

炼金术很快就成了穆斯林们热衷研究的学问，同时也得到了当权者的庇护。大约700年时，开始出现炼金术的阿拉伯著作。关于炼金术的信息主要来自亚历山大的希腊化埃及的炼金术士，也来自叙利亚哈兰的塞比教徒[6]。哈兰（Harran）已被毁坏了很长时间，它在阿基米德时期（约公元前650—前330）是一座世界性的都市，波斯、叙利亚和希腊的自然哲学在这里开始融合。在几个世纪里，这种融合的知识体系都保持着哈兰的印记。到了早期伊斯兰时代，这座城市吸纳知识的广阔胸怀仍然极负盛名。虽然我们对炼金术理论与实践之间的差异所知甚少，但炼金术应该在哈兰知识界中占有一席之地。至少可以肯定，哈兰拥有相当多的高超的冶金技工，广泛地进行贵金属、硫磺、硼砂、雄黄和其他炼金术中常用物质的交易。

亚历山大城的和哈兰的炼金术原理有许多相似之处，前者很大程度上来自后者，苏西莫斯就引用了一位哈兰学者的理论。因此，穆斯林应该从两个来源获得了同样的关于金属转变的思想。

第一本伊斯兰炼金术著作出自贾比尔·伊本·哈（Jābir ibn Hayyān）之手，他大概生活在8世纪，好像一直是哈里发哈伦的宫廷炼金术士。他的名字被西洋化为盖博，备受整个欧洲炼金术界的推崇。大量阿拉伯语炼金术著作被归到贾比尔名下，其中大部分很可能是他的原著的

修订和扩充，这些著作表明作者有着广泛的化学和冶金方面的实践知识。特别有意义的是，《释书》(*The Book of Explanation*) 中最早出现了对硫—汞金属构成理论的清晰论述：

从本质上来说，所有的金属都是由与硫化合并结晶的水银构成的……金属的不同仅仅是因为（硫与水银）质量的不同，质量的不同又是由于硫的种类的不同，硫的种类的不同又是土壤的不同及吸收太阳热量的不同造成的。

这种理论以某种形式渗透到炼金术中，在几个世纪的时间里，帮助解释了许多人们希冀着带来转变的工艺过程，最后它演变成了燃烧的燃素理论。燃素理论被拉瓦锡(Lavoisier,1743—1794) 推翻，则标志着近代化学黎明的到来。

从贾比尔的著作中，可以归纳出一个穆斯林工人使用的炼金术装置清单，不过我们不必这样做，因为稍后一位名叫拉兹(Rhazes) 或拉齐(Rāzī) 的作者列出了这些设备的目录。阿布·贝克尔·穆罕默德·伊本·扎卡里亚·阿拉齐(Abū Bakr Muḥammad ibn Zakariyya al-Rāzī, 866—925) 是波斯一位著名的医生，人们都称他拉伊(Ray)。作为“中世纪最伟大的伊斯兰临床医生”，他在他的家乡拉伊（即古代的拉盖）和巴格达的大医院里讲授医学并行医，把“广博的学识”和“真正的希波克拉底智慧”结合了起来。他的兴趣不仅包括医学，而且包括炼金术，在使两者合理化方面作出了很大贡献。据阿勒比鲁尼(Al-Bīrūnī, 973—1048) 所说，拉齐写了 21 本关于炼金术的书。遗憾的是，这些书都没能流传下来，但一本叫《秘密中的秘密》(*The Book of the Secret of Secrets*) 的书列出了炼金术士们在实验室中所需的化学药品及仪器[7]。从这本书及其他当时的资料中得知，与以前相比，拉齐把更多的机制和规则引入了炼金术，尽管所使用的方法及材料没有多大

的提高。

拉齐的工作程序很有条理，从他对物质材料的分类可见一斑。他把物质材料分为动物、植物和矿物，又更进一步把矿物细分为精神、肉体、石头、硫酸盐、硼砂和泻盐。精神有4种，即两种不易燃烧的挥发物（水银和氯化铵）与两种易燃挥发物（硫和砷，即雄黄和雌黄）。肉体是当时已知的物质，石头则包括诸如黄铁矿、孔雀石、天青石、石膏、赤铁矿、绿松石、方铅矿、辉锑矿还有玻璃等物质。5种硫酸盐没有明确的说明，但包括硫酸亚铁，可能还有明矾。泡碱（碳酸氢三钠）包括在硼砂中，泻盐包括普通的盐、石盐、熟石灰和不纯的碳酸钠和碳酸钾。虽然这种方法在许多方面还不完善（这很大程度上是由于缺乏令人满意的提纯方法和分析方法），但它是建立在物质性质基础上的可行办法，因而是向正确的方向迈出了一大步。随着更多物质的发现和认识，这一分类体系逐渐扩充，但直到18世纪后期仍没有本质的改进。

除了上面提到的自然物质，当时还认识到了很多衍生物质，包括朱砂、白铅、红铅、氧化铅、氧化铁、碱式碳酸铜、氧化铜和醇类化合物。据斯特普尔顿(Stapleton)[8]所说，拉齐可能还知道烧碱和不纯的甘油。波斯学者阿布·曼苏尔(Abū Manṣūr Muwaffak)比拉齐晚大约一个世纪，他把碳酸钠(纯碱)与碳酸钾区别开来，能够制备纯白的氧化砷，还很熟悉从竹中提取的硅酸，并提出把混有蛋白的石膏作为膏药用于治疗骨折。

738 从器具清单中可以看出，拉齐的实验室装备很齐全，包括烧杯、细颈瓶、管形瓶、盆、玻璃结晶皿、水壶、带盖的盘和罐及多孔烧瓶。加热装置有蜡烛灯、油灯、火盆、浸煮炉(边码743)、熔炉、风炉，需要通风时有皮制风箱。工具有锉、抹刀、锤子、大剪刀、钳子或镊子，还有用来碾碎固体的滚筒或碾石，模子和坩埚——包括上

半部的底端穿孔的双层坩埚或上加热坩埚[1]——用来熔化和提纯金属。以拉齐严谨的头脑，他当然也不会忘记还需要除尘器。

正像炼金术从亚历山大城和哈兰传入伊斯兰世界一样，伊斯兰教徒又把它传入讲拉丁语的欧洲。将阿拉伯语的炼金术著作译成拉丁语早在12世纪就开始了，当时英格兰切斯特的学者罗伯特(Robert)迈出了开创性的一步。在欧洲的炼金术文献中，有许多从阿拉伯语和波斯语借用的词汇，它们通常以音译的形式出现，例如硫(abric)、碱(alkali)、锡(alcazdir)、酒精(alcohol)、氯化铵(almizadir)、硼砂(anticar)、脂肪酸盐(asabon)、狮子(ased)、熔炉(athanor)、梨状坛(aludel)、樟脑(camphor)、长生不老药(elixir)、黄金(daeb)、铁(hadid)、石头(hager)、银、月亮(kamar)、树脂(luban)、盐(malek)、铅黄(martak)、长颈蒸馏瓶(matrass)、煤焦油(naphtha)、甘松油脂(nard)、铜(noas)、石灰(nora)、雄黄(realgar)、黏土(tain)、滑石(talc)、酒石(tartar)、氧化锌(tutty)、朱砂(usifur)、水银(zaibuch)和碱式碳酸铜(ziniar)。

不久，炼金术手稿开始广泛流传。1350年，博洛尼亚一位传教士就拥有72本。大约一个世纪后，印刷术的发明更促进了它的传播。不过，迄今所知只有两部完整意义上的炼金术古版书，似乎都出自盖博(边码736)之手，一部包括《完美的总结》(*Summa of Perfectionis*)和《神效药剂的调查》(*Investigatio magisterii*，1485年?)，另一部则是《多彩的自然》(*Flos naturarum*，1473年)[9, 10]。大约从16世纪中叶起，炼金术著作的出版变得丰富起来。直到玻意耳(Robert Boyle)的著作《怀疑的化学家》(*The Sceptical Chymist*，1661年)[11]的出版，炼金术才开始声名扫地。

这个时期最著名的炼金术著作的作者是盖博——即贾比尔·伊本·哈。有两本具名盖博的拉丁文小册子是由贾比尔的大量阿拉伯语著作中翻译而来，但包括《完美的总结》在内的不少著作，没有相应

1　上加热坩埚也可以作为从上面加热的蒸馏瓶使用。

739 的阿拉伯语原著，真实性因此受到怀疑，可能它们最初的手稿是由13世纪一位不知名的欧洲炼金术士所写。就涉及的材料和仪器而言，书的内容大体上是典型的西方炼金术，像在穆斯林世界甚至更早的炼金术一样，重点仍主要放在蒸馏器和熔炉上。

虽然人们为设计精巧的蒸馏器花费了相当的心思，然而在炼金术的整个历史中，它也没能比最早的模型有多少改进。图663显示的是中世纪及以后通常所用的一些蒸馏装置，看得出来，从亚历山大时期开始，蒸馏器实际上没有什么本质的变化。然而，只要器具有小小的进步，实际操作以及蒸馏产物的获得都将随之得到改进。因此，在由理查德·拉塞尔（Richard Russell）于1678年翻译成英语的《完美的总结》一书中，盖博这样写道：

蒸馏的一种方法是用装满灰的陶盘来进行，但另一种方法可在容器里加水，蒸馏器放在摆放整齐的干草或羊毛上，保证它在实验完成前不会被打坏。在用灰蒸馏时，火要猛一些。如果是用水蒸馏的话，火候应温和、平稳一些，因为水不必像灰一样需要灼热的温度。所以，在用灰蒸馏时，颜料和土壤中那些粗糙的成分易于提取。若是用水蒸馏，那些无色的性质更接近纯水的精细成分易于提取。因此，用水蒸馏比用灰蒸馏更有利于分离物质。当用灰蒸馏“混合物”（oyl）几乎无法从接受器里得到“混合物”的分离产物时，就很清楚地知道分离成功的希望就只能寄托在用水蒸馏上。此后，经过反复尝试，终于把“混合物”的各种组分分离了出来[12]。

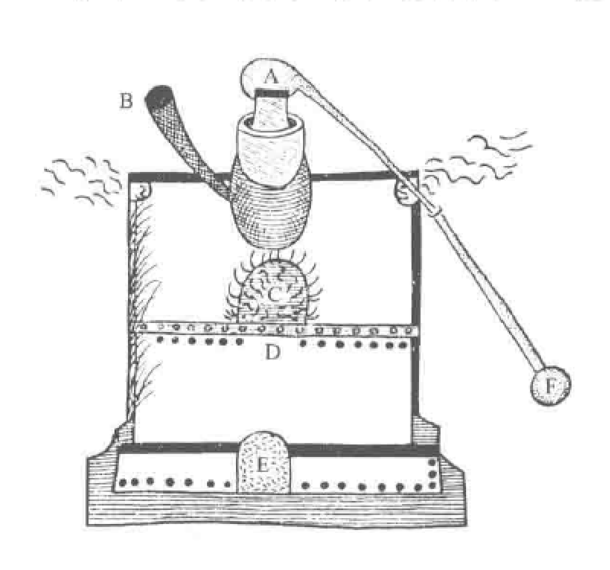


图663　炉子里面的蒸馏装置：(A) 蒸馏罐；(B) 水浴口；(C) 熔炉；(D) 炉箅；(E) 除灰装置；(F) 接受器。

从这段文字中我们可以很清楚地了解到，大约早在700年前，分馏的思想就已为人们所熟悉。但它没能被充分利用，因为温度计未能及时出现，在当时无法实现对加热的精确控制。在炼金术文献中，涉及温度的地方无一例外都很含糊。当然也应认识到，除了水浴不可能获得同灰浴一样多热量的明显差别外，“固定的”区分标准只有例如炽热、白热或者像草堆或孵卵的母鸡一样热等模糊概念。直到1622年，德国炼丹家米利乌斯(J. D. Mylius)也只认识到4种热度，分别是人体的热度，六月阳光的热度，煅烧时火的热度，熔化时的热度。

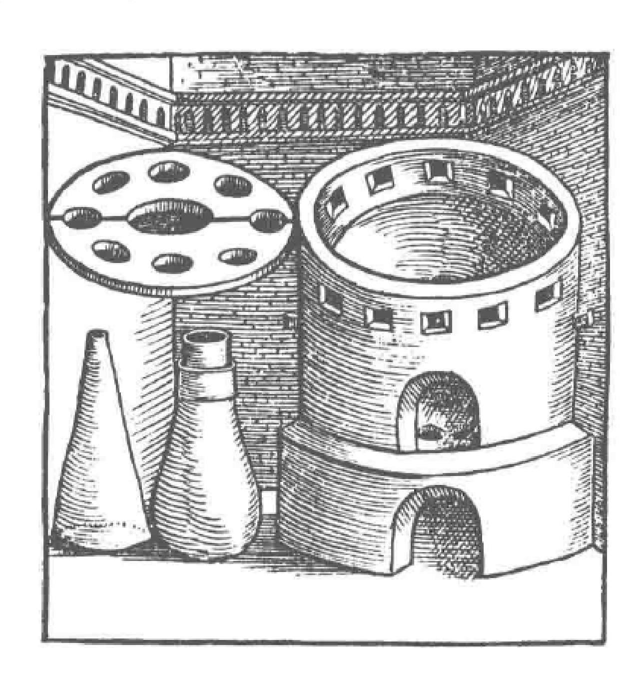


图664　浸煮炉和升华装置。

升华作为一种提纯硫、白砷之类物质的方法被广泛应用，重点在于确定前期试验应该用强火、温火还是微火。图664是一种升华装置。熔炉或浸煮炉(边码743)内横穿着一根铁条，位置在离底部5—6英寸的地方，盛有待加热物质的玻璃容器架在上面合适的位置，紧邻铁条但又不会与其接触。细颈瓶的颈部环绕着穿孔的圆盘，这样能使瓶子保持在适当的位置，圆盘上的孔又可作为熔炉内热气的出口。圆锥形的接受器(图665所示的是其另一种形式)安在细颈瓶的口部，用来收集升华物。需要检验升

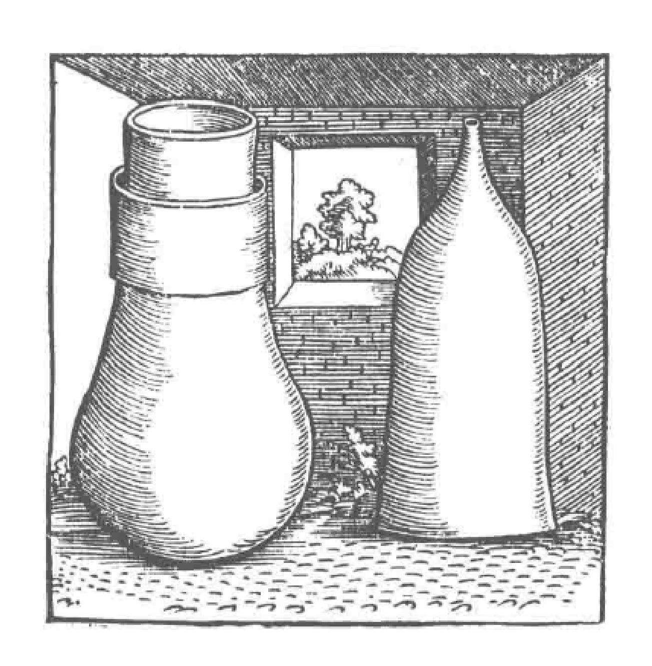


图665　其他形式的升华装置，右边的接受器可与左边容器的顶端接合。

华是否完成时，可将直径相当于小手指、下半部中空的陶棒放到被试物质上。如果棒的腔中有固体生成，则可认为升华还没有完毕。

有时会把升华精炼得到的硫加以熔化铸造成块，拿一块硫放在耳边，分辨是否有爆裂声，就可检验硫的纯度（图666）。即便只含很少量的杂质，硫也不会产生爆裂声。有意思的是，在炼金术盛行的时期，苯甲酸和琥珀酸分别由安息香树胶和琥珀升华制备。诺斯特拉德（Michel de Nostradame, Nostradamus）在1556年最早对苯甲酸进行了描述，阿格里科拉则早在1546年就提及了琥珀酸。图667是一种升华装置，贝甘（Jean Beguin）在17世纪早期，用它从安息香树胶中制备苯甲酸。接受器是用灰纸折叠两层、旋成锥形或杵状指形而成。



图666　工人在检验硫磺的纯度。将一块硫放在耳边，只有非常纯的硫才能听到爆裂声。

蒸馏器的种类很多，熔炉的种类也不比它少，甚至还更多。在当时，多种多样的熔炉是必要的，这不仅是为了适应炭、木材、泥饼和干粪等燃料的多样性（它们每一种都需要专门形状的火炉、烟道、风挡等），还因为人们很难通过调节熔炉获得不同的热度。而且，考虑到燃料的成本，也需要有不同大小的熔炉，这样才不至于在加热小装置时出现浪费。诺顿（Thomas Norton）是布里斯托尔的一位炼金术士（约1477年），他声称自己发明了一种有多种用途的炼金熔炉，可以同时进行60种以上的操作，每一种操作都需要不同的火候。但是，他没有给出这种熔炉构造的细节，他的实验室里熔炉的数量跟其他实验室一样多（图668）。

大约50年后，一位叫扎加利或扎卡里（Denis Zachaire or Zacaire）

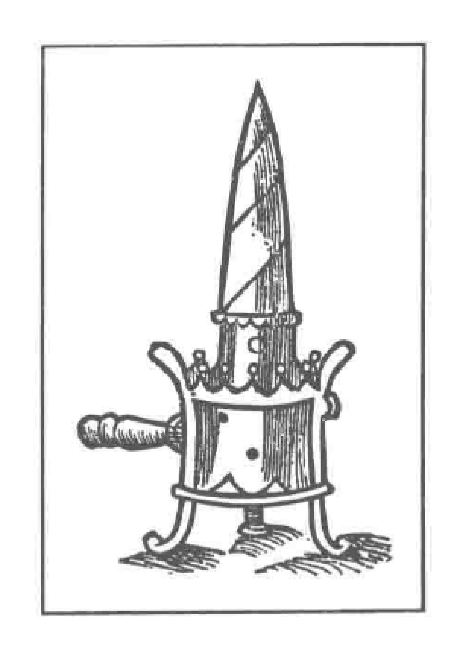


图 667 贝甘升华装置，注意用叠纸制成的接受器。



图 668 诺顿的化学实验室（局部），正在进行蒸馏和升华操作（参见图 677）。

的法国炼金术士，开始在一位更有经验的内行指导下，从小规模开始，通过建造许多小熔炉来装备实验室。不久，他便拥有了一座完全用小熔炉装备起来的实验室，有的用来蒸馏，有的用来升华，有的用来煅烧，有的用来在水浴器里溶解，有的用来熔化。他的一位炼金高手"死于整个夏天高烧不退，由于他吸入了很多煤烟……他几乎没有离开过房间，而房间里的煤烟都比得上威尼斯的兵工厂了"[13]。在如此恶劣的环境下工作，发生这样的悲剧显然不会让人感到意外。

742

盖博写过一本关于熔炉的小册子，声称，"工匠们最好能有相当造诣"[14]。他在书中描述了 7 种类型的熔炉，分别是焙烧炉、升华炉、蒸馏炉、上加热坩埚、熔合炉、溶解炉和凝固炉。焙烧炉是方形的（图 669），长 4 英尺、宽 3 英尺，炉壁 6 英寸厚。被煅烧的物质用由硬质黏土制成的盘子盛到炉内，这种黏土可用来制造坩埚，然后便用猛火煅烧。"你不要对煅烧不耐烦，"盖博充满感情地写道，"经过煅烧才能成为宝贵的材料。"

升华炉和蒸馏炉结构是一样的，它们的不同仅在于所需热量的差异。升华炉中热量太多，可能会熔化接受器中的升华物，从而造成回流，蒸馏炉中则“火要根据被蒸馏物质的需要作适时调整”。熔化炉是用来熔化金属的，其中用到了陶制坩埚（图670）。

743

溶解炉（图671）则由一个架在火上的水锅，以及一个用铁钳或其他装置固定住的圆锥形细颈玻璃瓶构成，瓶子很大，而且是圆底的。

盖博认为，凝固炉或浸煮炉（阿拉伯语 *al-tannūr*）“一定要仿照焙烧炉的模式去造，里面放一个充满细灰的深锅，但是内盛需凝固物质的容器要先密封好，一定要放在灰的正中间，使其周围上下灰层的厚度正好相当于四个手指”。然而，这个厚度是可以根据被试验物质而改变的。盖博还谦逊地写道：“如果有人能发明更有独创性的类似仪器，不要让他受到我们发明的阻碍。”

浸煮炉（图669）是用结实的砖块砌成的，表面没有炉格。图664是浸煮炉的另一种形式，有炉格，炉边有孔，离地面有几英寸。有时使用三脚架，整体结构像个火盆。其实，从希

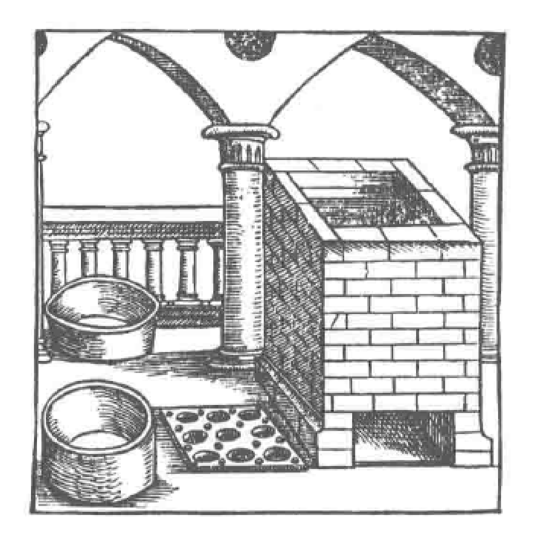


图669 煅烧装置。

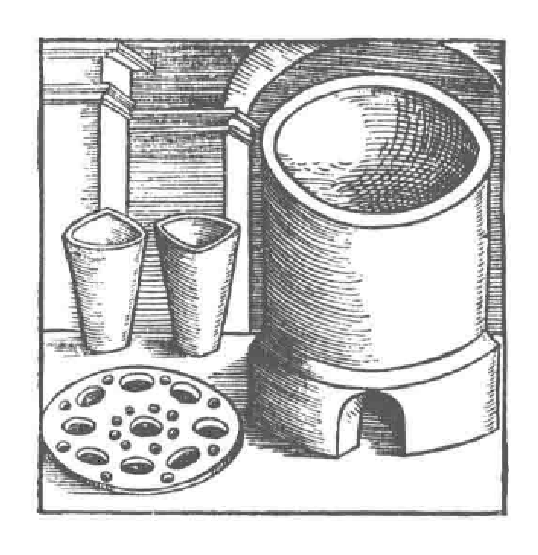


图670 熔化装置，黏土坩埚是其中的重要部分。



图671 水浴结晶装置。

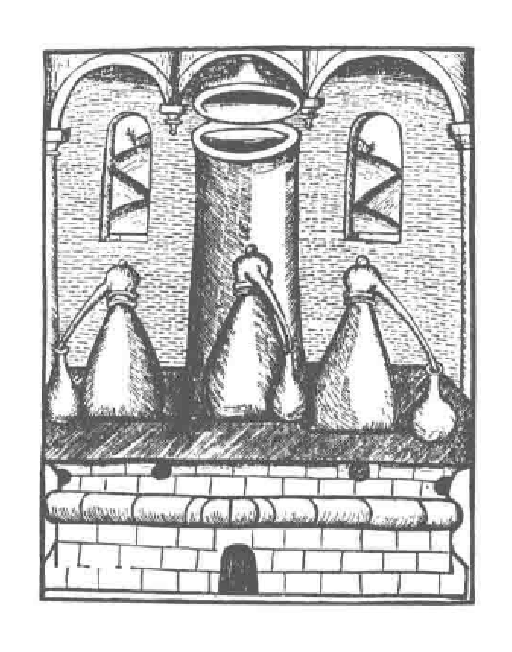


图 672　放在炉子上的蒸馏器。
蒸馏器后面是燃料加入管。

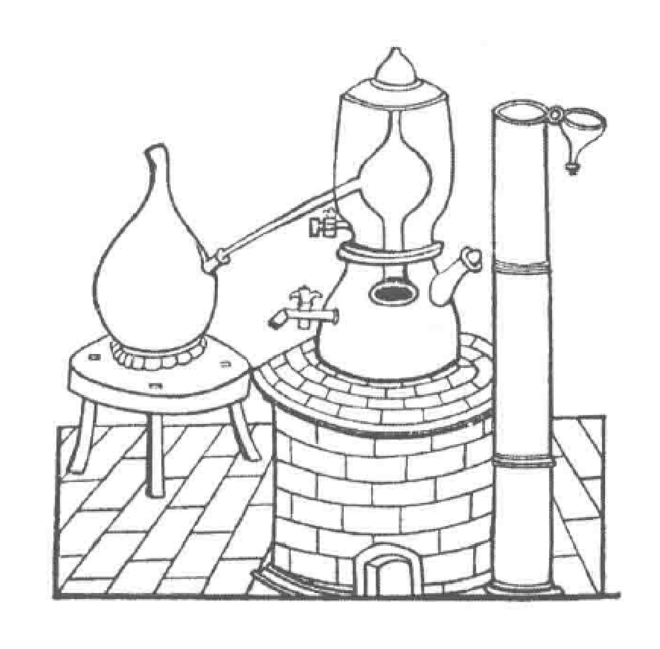


图 673　1500 年左右的蒸馏装置。
炉火上水浴加热，侧面有燃烧补给管。

腊炼金术士时就已经有了自动加料炉。燃料盛放在与熔炉相连的容器内，依靠自身的重力作用流入炉膛，容器本身有一个可移动的盖子（图 672），用来防止容器内的燃料燃烧[15]。图 673 所示也是这种炉，上面放着一个带水套的蒸馏器。图 674 中的圆柱形炉装备了风门或通风装置，这种装置最初大约出现于 1500 年，可能是诺顿的创造。熔炉中加强通风的烟囱被认为是格劳贝尔（Glauber，边码 745）在 1646 年发明的（图 675）。它用来排烟已经几个世纪了，只有格劳贝尔首先发现并把这种功能应用于加速空气的流动。图 676 中的炼金炉则告诉我们，达·芬奇几乎比格劳贝尔更早发现这一点。

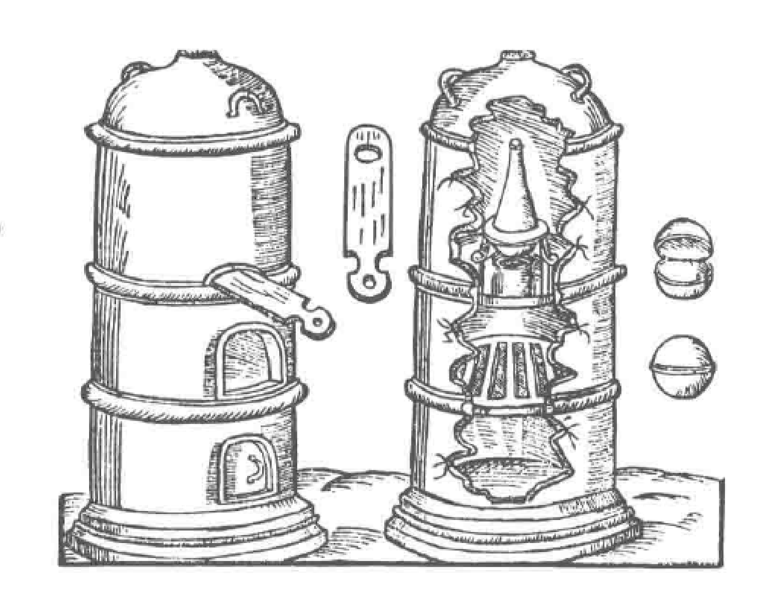
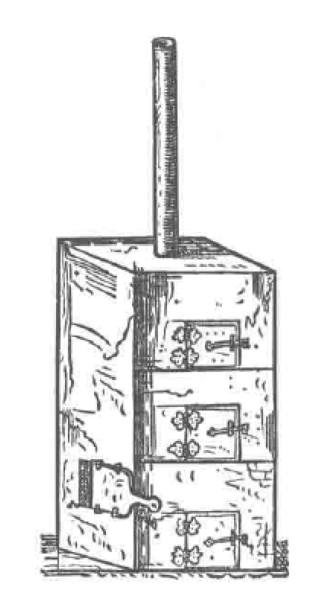


图 674　炼金炉，注意其中的风门。

744

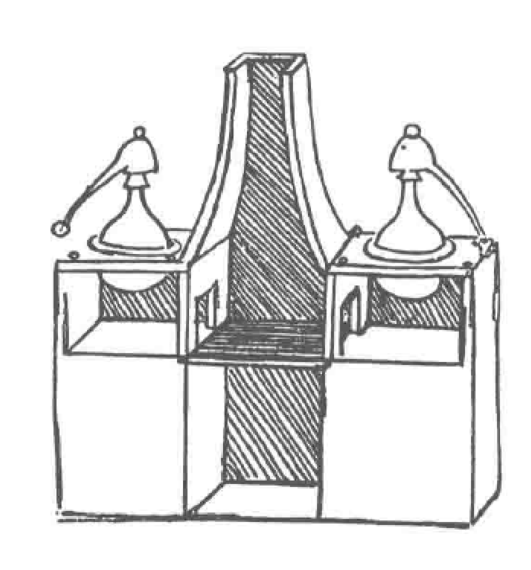
炼金术实验室装置的研究人员必然会注意到，当时或者不重视或者根本就


图 675　格劳贝尔建造的一种炉子，带有排放废气的高烟囱。

不用天平，或者仅仅像厨房里的厨师那样称东西。定量化学仍然是未来的科学，它的诞生一直要等到布莱克（Joseph Black，1728—1799）所处的年代。当然，这并不意味着精密的天平在当时不为人所知。早在780年，穆斯林造币厂的工人就能称量出三分之一毫克。“要达到这种精度，必须用最精密的化学天平，采用密闭容器，以两次称量结果相比较，在天平经历无数次来回摆动达到平衡后再读取数据。”[16]对炼金术士来说，重量的变化似乎无关紧要，因此天平在他们眼中没有什么价值。但也有几个例外，例如诺顿的《炼金术的顺序》（*Ordinall of Alchimy*，约1477年）[17]里有一张图，所画的可能是最早在玻璃容器里使用的天平（图677）。图678是16世纪的冶金天平。

因为真正的化学概念还没有建立起来，炼金术士对定量观察的重要性认识不足就不让人觉得吃惊了。定量概念是科学化学的基础，发展缓慢，也未能找到它的单一起源。蒂特雷（Titley）[18]认为它与帕拉切尔苏斯（1493—1534）的药物学观点有关，后者反对盖伦的信徒对草药这种复杂混合物的看法，这些信徒提出草药只是从植物或矿物中得到的单一提取物。帕拉切尔苏斯和他的追随者认为，从不纯的物质中提取到的成分越丰富，草药就越有效验，这导致了纯度试验和纯度标准的发展。化学物质的纯度概念由此打下基础，随

745


图 676　达·芬奇设计的炉子和蒸馏装置。

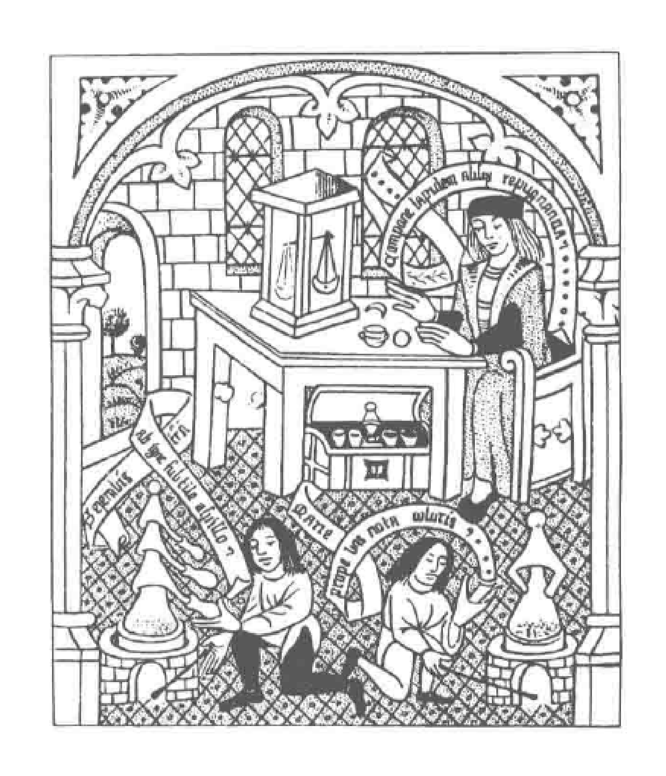


图 677　诺顿的实验室（局部）。
注意桌上的天平，这可能是第一个带有玻璃罩的天平（参见图 668）。

后在玻意耳、海尔蒙特（J.B.Van Helmont）、布莱克、拉瓦锡和道尔顿（Dalton）的著作中慢慢成形。

帕拉切尔苏斯和他的追随者们被称作化学医学派信徒，比起金属的转变来，他们更对炼金术在医疗方面的功用感兴趣，所用的材料和装置都是既定形式。不过，其中两位信徒对普通化学知识发展所起的作用特别值得一提，他们是海尔蒙特（1577—1644）和格劳贝尔（1604—1668）。海尔蒙特是第一个认识到气体有不同种类的人，实际上是他创造了“气体”这个词，词源是希腊语 *chaos*。他认识到多种不纯的气体，对应于我们现在所说的二氧化碳、一氧化碳、氢气、甲烷、二氧化硫、一氧化氮和氯气，虽然他没有将这些气体分离出来。海尔蒙特有了发酵的概念，它在很多方面与我们现在所用的“发酵”概念相似。他认为食物的消化是一个发酵的过程，或者如我们今天所说的酶催化反应的过程。

虽然格劳贝尔是一位冶金家和炼金者，但他并没有被“哲人石”的“光环”引入歧途。他的大部分著作关注的是具有医疗价值的物品的制备，在这个过程中又产生了很多对化学有重大影响的发现。他第一个制成近乎纯净的盐酸，方法是蒸馏明矾（或绿矾）和盐的混合物，然后加热混有浓硫酸的盐。后来，在实际操作中又得到了硫酸钠，它的结晶体为十水硫酸钠，格劳贝尔称之为“圣盐”，且认为它具有极高的医疗价值，至今它仍以格劳贝尔盐的名称为现代医学所用。格劳贝尔还在密封的曲颈瓶里蒸馏木材，结果除了焦油外，还产生

746

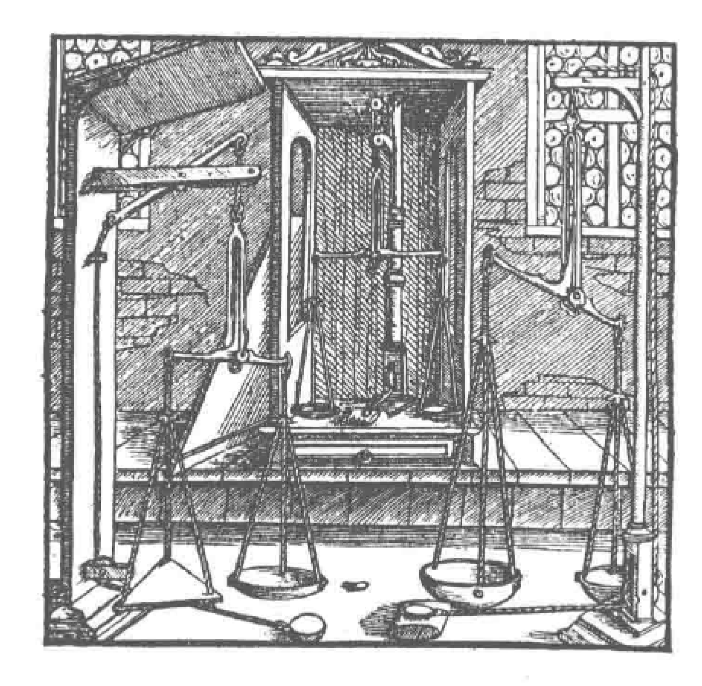


图 678　阿格里科拉使用的冶金天平。

出一种酸和一种醇。从理论上来讲，格劳贝尔已有了化学亲合力的模糊认识，正确解释了某些条件下的复分解反应。他用烟囱改善熔炉拔风的方法，亦已在前文述及(边码 743 起)。

做炼金术实验的费用非但不容小看，而且往往相当高昂。在《坎特伯雷故事集》中，教士的仆人抱怨道：

那不可捉摸的科学啊，让我一贫如洗
没有了钱财，我又能去哪里?
因为它，我负债累累
借的钱一辈子也还不起

大家永远都要记住我的警示
如果谁把命运押在它身上还执着沉迷
我就让他再也不知道俭省
上帝会帮助我，因此这人绝不会获利
只能落得钱包空空、失去理智

一个半世纪后，一位名叫达米安(John Damian)的炼金术士获得了苏格兰国王詹姆斯四世(King James Ⅳ)的荫护。下面是苏格兰财政大臣的部分账单，列出了 1501 年至 1508 年间某些炼金材料和装置的价格[19](见表 21-1)

表 21-1 1501 至 1508 年间某些炼金材料的价格

	英镑	先令	便士
银质蒸馏器	6	19	9
明矾（每磅）			7
酒精（普通，每夸脱）		8	0
酒精（三锅头，每夸脱）		12	0
风箱（小型）		1	0
大锅（18 加仑）	1	1	0
朱砂（每磅）		16	0
玻璃细颈瓶（大）		4	0
	或	6	8
玻璃细颈瓶（小）		2	0
块状玻璃		5	0
金（每盎司）	6	10	0
亚麻子油（每夸脱）		8	0
铅黄（每磅）		5	0
铅黄（天然，每磅）		4	0
臼（非特殊金属制成，重 53 磅）	3	9	0
臼和杵（黄铜）	1	0	0
雌黄（每磅）		6	0
陶制大水罐			4.5
	或	1	3
陶质大壶		1	0
水银（每磅）		4	0
红铅（每磅）		2	6
氯化铵（每磅）	1	15	0
硝石（每盎司）			3
银（每盎司）		14	0
糖（每磅）		1	6
硫（每英石 *）		8	0

747

（续表）

	英镑	先令	便士
锡（每磅）		1	2
碱式碳酸铜（每磅）		6	0
银砂（每磅）		6	0
醋（每加仑）		4	0
白铅（每磅）		2	0

*1 英石合 14 磅。

这些价格与现在无从比较，但是根据里德（Read）1938 年的记载，当时的价格很可能是 1938 年的 3—4 倍。这样一来，炼金的费用可能很高，虽然这并没有妨碍国王供给炼金术士价值 15 英镑 16 先令的绸缎长袍，4 英镑的丝绒短统袜，再加上 30 先令的猩红长筒袜。既然富有的庇护人乐意提供这样的奢侈费用，无耻的冒险者也就快速加以利用。诺顿（边码 741、边码 744）认为，对这些骗子给予警告是必要的。他说：

诚实的人们独自寻找
满怀希望要将神石求到
他们从不会让别人失去什么
所有的一切都自己掏钱
拿出自己舍不得花的腰包
甚至自己的金柜都掏空

748 而那些“骗子”则是：

永无休止的等待就是他们的手段
用一些没有信义的谎言达到目标[20]

从大约 1600 年开始，人们对实验室的设计和布置给予了更多的关注，我们的这一判断可从利巴菲乌斯(Libavius,1540—1616)的作品中得到证实。虽然他没有对炼金术的核心理论进行讨论，但从本质上来说他是一位实用化学家，有几项发明得归功于他。他是第一个制备四氯化锡和硫酸铵的人，观察到氨水溶解铜盐形成的深蓝色，发明了各种干、湿的分析方法。他在《炼金术》(*Alchymia*)一书(1606 年版本，此书初版于 1595 年)中[21]画出了理想中的“化学大楼”的正视图(图 679 左)和底层平面图(图 679 右)，大楼包括一个主实验室，无疑里面装备了在炼金术操作中迷住炼金术士的熔炉，还有储藏室、制备室、灰浴和水浴室、结晶室、实验室助手办公室、燃料仓库和酒窖。至于设置酒窖，与其说是为全体人员准备欢宴的食物，倒不如说是为了储藏蒸馏出来的酒精尾液。

在主实验室中，实验装置靠墙摆放，除了熔炉以外，还有上加热坩埚、升华器、蒸馏器、坩埚、臼和杵、管形瓶、细颈瓶和盆。但是，那里没有天平。总的说来，利巴菲乌斯的化学实验室设计精

749

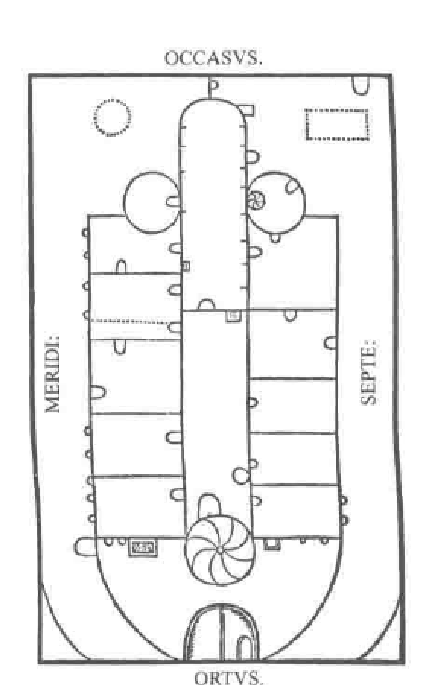



图 679 利巴菲乌斯的“化学大楼”:(左) 正视图;(右) 底层平面图。

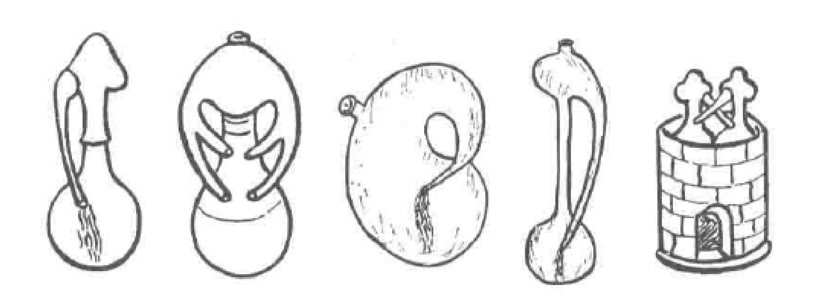


图 680　炼金术中常用的鹈鹕嘴蒸馏装置。

巧、排列整齐，与他同时代的普通炼金实验室形成强烈对比，我们从勃鲁盖尔（约 1525—1569）、斯特拉达尼斯（约 1530—1605）（图版 42A、B）、皮尼亚斯（J. Pinas，约 1600 年）、小特尼尔斯（1610—1690）（图版 43A）和斯蒂恩（Jan Steen, 1626—1679）等人的绘画中可以获得这种印象。人们可能把利巴菲乌斯将每一样东西都整齐排列的做法归因于他的学术经历，他做过一段科堡中学的校长，还曾任职耶拿大学的历史学教授。

装备实验室的费用在 16 世纪还没有明显上升，有一部手稿曾被雪莉（J. W. Shirley）引证过，现保存在阿尼克城堡，里面可以找到这方面的证据[22]。手稿中记载了 1606—1607 年为“奇才伯爵”亨利 · 珀西（Henry Percy，第九任诺森伯兰伯爵）在伦敦塔建造的“蒸馏室”，他和沃尔特 · 罗利（Walter Ralegh）爵士、科巴姆（Cobham）勋爵及格雷（Groy）勋爵一起被监禁在那里。建造过程中，砖、瓦和建造熔炉的其他必需品共花费了 12 先令 6 便士，工匠做长凳、架子和梯子的工钱是 22 先令 10 便士，两个铅桶花去 15 先令 10 便士，两个蒸馏器 8 先令 6 便士，一个铜容器 7 先令 7 便士，风箱 10 便士，一个钢凿 4 便士，一副长圆规 4 便士，各种玻璃制品共 31 先令 6 便士，诸如煤筐、提篮、蜡纸、席子、烛台座之类必需品的费用为 22 先令 6 便士。下一年度又增加了一些开支，包括一个新的锡蒸馏器 11 先令 8 便士，金工用的天平 5 先令 11 便士，与天平配套的砝码 4 先令 4 便士，粉刷墙壁、配窗玻璃 2 先令 1 便士，铁臼和杵 3 先令 10 便士。

炼金术实验室的结构在向合理化迈进，这实际上也就是它向化学实验室逐步转变的过程。玻意耳(1627—1691)所建的实验室便是一个典型的例子。1668年以后的某个时间，他的实验室在靠近考文特花园的梅登巷(Maiden Lane)[23]建成。图681是其实验室的一角，这幅图绘于玻意耳去世后，原来的设备可能被放大了。这个实验室后来被实验室助手的儿子戈费雷(Ambrose Godfrey)接管，通过制造化学产品还维持了很多年。从图中可以看出，熔炉仍然占据头等重要的地位(左下部及21—32)，每一种炉子都用于专门的操作，一个(22)用来蒸馏氨水，另一个(27)用于馏出氨草胶盐精，第三个(31)用来萃取挥发盐，第四个(24)用于水浴蒸馏。一种用于蒸馏的仪器(5)由一个小熔炉组成，熔炉顶上有颈部突出的容器，内盛待蒸发的物质，容器上面是3个接受器或梨形罐，最上部是一个带有圆锥形喷嘴的球形帽。带有两个把手的容器(4)叫作“鹈鹕嘴(pelican)”，是一种回流装置，两个把手实际上是输出管。图680是鹈鹕嘴蒸馏器的几种早期

750

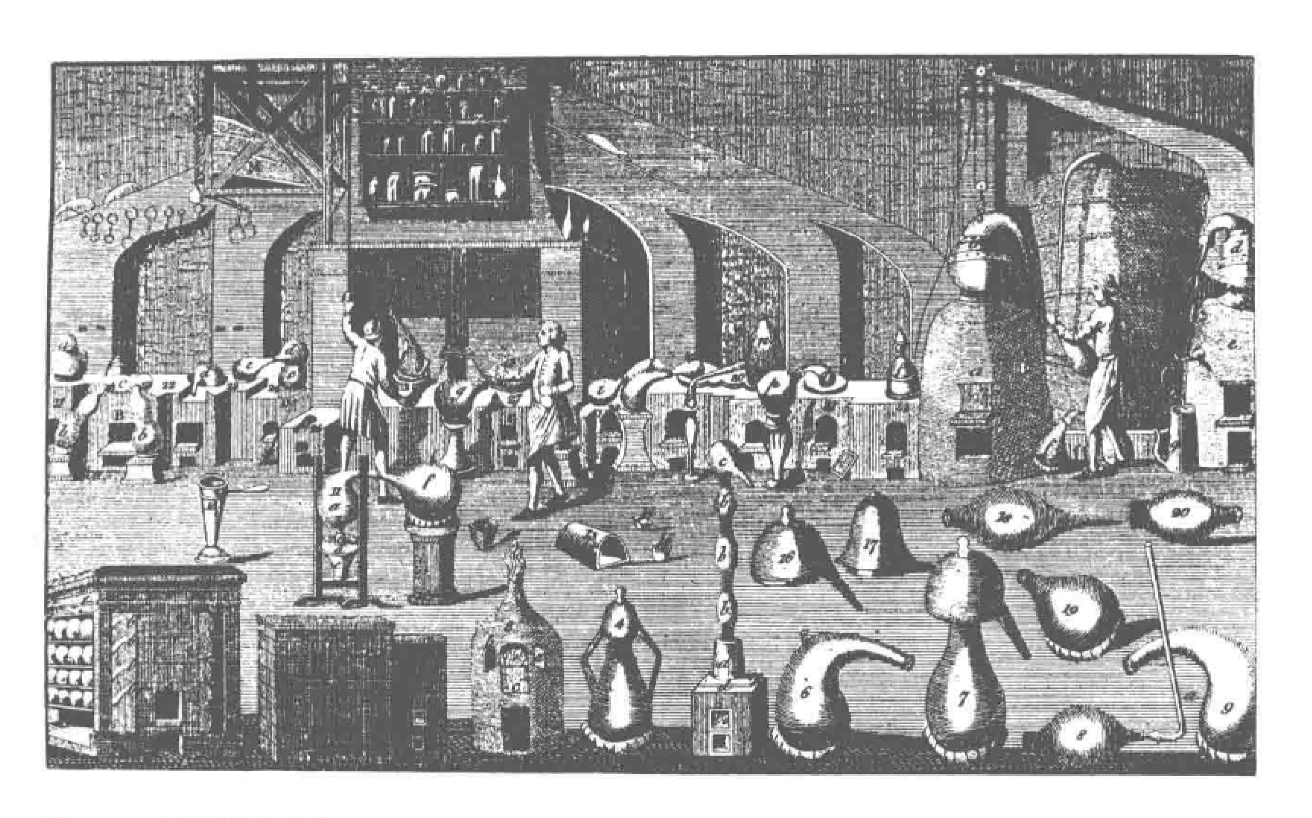


图681 玻意耳的实验室。

形式。在炼金术史中，这种装置以各种各样的形式出现。

如果比对玻意耳的实验室和100年后普里斯特利(Priestley)的实验室(图版43B)进行比较，就会立刻发现重点已经彻底改变。一个炉箅、一根蜡烛代替了原来的炉子，简单的仪器很有功效，气体是研究的主要对象。然而，阿拉伯之鸟并没有完全死去，如今的原子炼金术(atomic alchemy)就是从它的灰烬中重生的。

相关文献

[1] Stapleton, H. E. *Ambix*, 5, 1,1953.
[2] Forbes, R. J. *Chymia*, 4, 1, 1953.
[3] Taylor, F. Sherwood. 'The Alchemists: Founders of Modern Chemistry', p. 217. Schuman, New York. 1949. Reprinted: Heinemann, London. 1951.
[4] Forbes, R. J. See ref. [2], p. 4.
[5] Taylor, F. Sherwood. See ref. [3], p. 46.
[6] Margoliouth, D. S. "Harranian." in Hastings, J. (Ed.) 'Encyclopaedia of Religion and Ethics', Vol. 6, pp. 519–20. Clark, Edinburgh. 1913.
[7] Rāzī. 'Kitāb Sirr al-Asrār.' (German trans. with introd. and comm. by J. Ruska.) Quell. Gesch. Naturw., Vol. 6. Springer, Berlin. 1937.
[8] Stapleton, H. E. *Mem. Asiat. Soc. Beng.*, 8, no. 6, 391–3, 1927.
[9] Hirsch, R. *Chymia*, 3, 115, 1950.
[10] Thorndike, Lynn. *Ambix*, 2, 29, 1938.
[11] Boyle, Robert. 'The Sceptical Chymist.' J. Cadwell for J. Crooke, London. 1661.
[12] Geber. 'The Works of Geber Englished by Richard Russell, 1678' (reprinted with introd. by E. J. Holmyard), p. 98. Dent, London. 1928.
[13] Davis, T. L. *Isis*, 8, 287, 1926.
[14] Geber. See ref. [12], pp. 227–61.
[15] Goldsmith, J. N. and Hulme, E. W. *Trans. Newcomen Soc.*, 23, 3, 1942 (1948).
[16] Petrie, Sir (William Matthew) Flinders. *Numism. Chron.*, fourth series, 18, 115–16, 1918.
[17] Norton, Thomas. 'The Ordinall of Alchimy By Thomas Norton of Bristoll, Being a facsimile reproduction from *Theatrum Chemicum Britannicum*, with annotations by Elias Ashmole' (with an introd. by E. J. Holmyard). Arnold, London. 1928.
[18] Titley, A. F. *Ambix*, 1, 182–83, 1938.
[19] Read, J. Ibid., 1, 60–65,1938.
[20] Norton, Thomas. See ref. [17], chap, 1, p. 17.
[21] Libavius, Andreas. *Alchymia Andreae Libavii recognita, emendata, et aucta, tum dogmatibus et experimentis nonnullis...*, pp. 95, 97. Johannes Sauer for Peter Kopff, Frankfurtam-Main. 1606.
[22] Shirley, J. W. *Ambix*, 4, 61, 1949.
[23] Pilcher, R. B. *Ibid.*, 2, 17, 1938.

参考书目

Ashmole, Elias. *Theatrum Chemicum Britannicum*. Printed by J. Grismond for Nathaniel Brooke, London. 1652.
Berthelot, P. E. M. 'Les origines de l' alchimie.' Steinheil, Paris. 1885.
Idem. 'Collection des anciens alchimistes grecs.' Steinheil, Paris. 1887–8.
Idem. 'La chimie au Moyen-Âge' (3 vols). Imprimerie Nationale, Paris. 1893.
Carbonelli, G. 'Sulle fonti storiche dell a chimia e dell' alchimia in Italia.' Istituto Nazionale Medico Farmacologico, Rome. 1925.
Ferguson, J. *Bibliotheca Chemica* (2 vols). Maclehose, Glasgow. 1906. Reprinted: Holland Press, London. 1954–5.
Holmyard, E. J. 'Makers of Chemistry.' Clarendon Press, Oxford. 1931.

Jābir ibn Hayyān. 'The Arabic Works' ed . by E. J. Holmyard, Vol. 1, Part I: Arabic texts. Geuthner, Paris. 1928.
Kraus, P. 'Jābir ibn Hayyān: Contribution a l' histoire des idées scientifiques dans l' Islam', Vol. 1: 'Le corpus des écrits Jābiriens'; Vol 2: 'Jābir et la science grecque.' Mémoires présentés à l' Institut d' Égypte, Vols. 44, 45. Imprimerie de l' Institut Français d' Archéologie Orientale, Cairo. 1943, 1942.

Lippmann, E. O. von. 'Die Entstehung und Ausbreitung der Alchemie' (2 vols). Springer, Berlin. 1919, 1931.

Partington, J. R. 'A Short History of Chemistry.' Macmillan, London. 1954.

Read, J. 'Prelude to Chemistry. An Outline of Alchemy, its Literature and Relationships' (2nd ed.). Bell, London. 1939

Sarton, G. 'Introduction to the History of Science' (3 vols). Carnegie Institution of Washington Publ. 376. Baltimore. 1927–48.

Taylor, F. Sherwood. 'The Alchemists: Founders of Modern Chemistry.' Schuman, New York. 1949. Reprinted: Heinemann, London. 1951.

Tempkin, O. "Medicine and Graeco-Arabic Alchemy." *Bull. Hist. Med.*, 29, 134–55, 1955.

Thorndike, Lynn. 'History of Magic and Experimental Science during the first Sixteen Centuries of our Era' (6 vols). Vols 1–2: Macmillan, London; Vols 3–6: Columbia University Press, New York. 1923–41.



实验室女助手。
出自斯里克关于白兰地的书中。斯特拉斯布格，
1512年。

第22章

结语：东西方的反思

查尔斯·辛格（CHARLES SINGER）

22.1 技术和年表

753

如同其他方面的历史，技术史必须采用一定的年代顺序。但与大多数的史学门类——例如政治史、艺术史、科学史、宗教史、哲学史等——相比，技术史只能采用最为宽泛的时间划分。在第Ⅰ卷，我们不是突然地告别了古代帝国。在本卷，我们跨越了伟大的地中海文明——希腊、罗马文明——同样界定模糊的年代界限，前进到中世纪和更晚的时期。因此，本卷所论及的技术与第Ⅰ卷论述过的技术、第Ⅲ卷将要讨论的技术之间都有着明显的连续性，但很难与这种异常松散的年代框架吻合，读者不必对此感到惊讶不安。例如，在18世纪之前，源自古罗马的采矿方法几乎没有任何改进（第1章），皮革匠的技艺则直接传承于古代帝国，进入19世纪很长时间后仍几乎停滞不变（第5章）。再者，在公元纪年早期的几个世纪里，获取蚕丝的方法从中国传至西方（第6章），给挽马套上轭（第15章）则是中世纪的一项改进措施，传自东欧的大草原和开阔的边疆地区，或许源头在东亚。

在为技术划分阶段时，许多这类年代顺序上的不协调是无法避免的。技术发明可以在不同地域间传播，经常不理会政治疆界、文化分歧、语言差异，甚至山川、海洋、河流、沙漠等巨大的天然屏障。所

以，读者切不可以为第Ⅰ卷、第Ⅱ卷或后续各卷界定的那些模糊的阶段，还具有便于叙述外的其他含义。这样的年代划分不过是一种一般性建议，意在使读者关注这种用世纪粗略划分的时间指针，以方便阅读。要全面了解在综合性历史图景中的技术，读者必须经常参考各卷所附的综合性历史年表。

754

即使做到了这些，在我们审视的阶段里，仍有一些大规模的技术活动无论是年表还是本卷叙述都无法完全揭示。对于这一类技术活动发展的探讨，必须要有两卷乃至更多卷方能涵盖。这需要一些进一步的处理，因为传统意义上的历史已经扭曲了本书所要努力表达的画面。

自15世纪的文艺复兴以来，我们的整个教育体系一直在强调，西方世界的文明受益于古希腊和古罗马文明。每个人都知道，这一观念最初是建立在与现在截然不同的时间尺度上的。18世纪末才出现了地质学，人类学则到19世纪才出现了。在此之前，人们不可避免地将历史看成是包容在数千年里的。这些时间尺度中，最著名的是把世界之初定在公元前4004年，它由厄谢尔主教（Bishop Ussher）在1650年颁布并被奉为常规。依我们现在所知，这个时间只将我们带回至埃及和美索不达米亚的前王朝时代文化的晚期（第Ⅰ卷，边码lv）。这种缩减了的历史过分强调了我们的文明对希腊、罗马的传承，因此必然忽略了我们在更深层次上是受益于伟大的近东文明，它们是希腊、罗马文明建立的基础。现在已经无人为厄谢尔的时间尺度或任何与之相似的时间尺度辩护，但应当记住它的某些间接影响在我们的文化体系中仍然根深蒂固。这种过时的传统态度推迟了关于总体文明进程观点的发展，特别是技术的哲学综合观点的发展。

本卷并不试图重写这两千年的历史，但必须提醒读者对围绕技术的传统历史观点作一些必要的重大调整。这是因为旧的时间尺度的残余仍在徘徊，它在基础性历史书籍中隐藏得相当好，并且仍然在构成所谓人文科学的教育背景中的主要部分。

22.2 3点必要的历史调整

（ⅰ）无论从希腊和罗马的艺术、文学、伦理学及思想观念的美妙及趣味中领会了什么，都不能再认为它们的技术优于古代帝国。的确，在其后来的古典时期，希腊人、罗马人比他们的前人更熟悉铁和某些别的金属，对如何处理玻璃和其他几种基本材料也有了更多了解。但是，在随意使用工具的技巧上，他们的一些前人至少与他们不相上下，超过他们的情形也不在少数。随着古典文化的出现，技术熟练的曲线非但没有上升，反而有所下降了。如果将第Ⅰ卷的有关章节与本卷的相应章节作一比较，这一点其实显而易见。这是希腊、罗马历史中固有的一个现象，因为它们是靠摧毁并取代更多古代文明来进行势力扩张的。换言之，希腊与罗马民族的崛起代表了一种“英雄时代”。同许多英雄时代一样，这基本上就是野蛮人对一个衰落的古老文明的胜利。

（ⅱ）我们习惯于认为后罗马时期历史的中心在欧洲，尤其是在西北欧这个几百年以来欧洲技术最发达的地区。然而，欧洲只是巨大的亚非大陆板块延伸出的一个小半岛，这是真实的地理状况，而这里的技术状况至少到13世纪亦是大体如此。在本卷涉及的大多数时期内，近东在技艺和发明上胜过西方，远东则可能较前两者更胜一筹。

（ⅲ）在本卷讨论的多数时期里，远东和中东几个民族的文化与文明都处于巅峰期。许多技术思想（technological ideas）从那里传入了西欧，其中有些是从开阔的东欧边疆直接传入，大部分或是从在长达一千年的时间内最富有、文明程度最高的基督教国家拜占庭帝国传入，或是从伊斯兰国家传入，从9世纪到14世纪，伊斯兰国家在技术上远胜过西欧（图683）。

通过本书第Ⅰ卷的内容，以上3点陈述中的第（ⅰ）点得到阐明。对于第（ⅱ）点和第（ⅲ）点，则必须详加论述，因为恰当地领会这两点有赖于对第Ⅱ卷的正确理解。

22.3 东西方的技术对比

在大致从500年到1500年这个千年里，东西方的关系与我们今天所熟悉的大相径庭。任何一个伟大而古老的东方文明——中国、印度、日本、伊斯兰文明或其他文明——所养育的思想者，无论怎样看待我们和我们的生活方式，无论如何急于摆脱西方的控制而获得自由，仍然都对西方的工业体系——尤其是对作为其基础的技

756

术——给予了最真挚的褒扬。虽然这些思想者经常忽视了技术与其根基——社会演变和政治历史——之间的紧密关系，但他们认为是工业技术——特别是大生产的技术——构建了西方优势的基础，这一点倒并非十分荒谬。

在这里所探讨的大多数时期，情况却正相反。几乎所有技术门类里，西方所能获取的最好产品都来自近东，最初来自拜占庭帝国，后来还来自伊斯兰哈里发国家或波斯。不管西方多么怨恨撒拉森人对圣地的占领，十字军从撒拉森人手里掠夺所得或与之贸易所得的物品，

757

仍被看作适于装饰西方基督教最为尊崇的圣物。这样，产自伊斯兰地区的上佳织物被用来包裹基督教圣徒的遗骸（图682），织物上面有时甚至会带有向安拉和先知的祈祷。拜占庭的镶嵌图饰、丝绸和象牙制品，波斯的陶瓷和纺织品，埃及、叙利亚的玻璃和金属器皿，以及美索不达米亚和属于摩尔人的西班牙的许多产品，都得到了高度赞誉，被认为它们让西欧生产的任何东西都望尘莫及。西方产品能够最终趋于完美，主要是通过仿制的途径，在晚期有时也得益于对来自近东或通过近东传入的技术和样式的改进(图692)。

图682 （上）圣库思伯特（St. Cuthbert）披肩上的图案。（下）用阿拉伯库法字体对上述图案的解释。圣库思伯特687年卒于贾罗。1104年，他的遗骸被人用美索不达米亚丝绸包裹，改葬于达勒姆。织在丝绸上的这个图案表述着伊斯兰教的信条：“万物非主，唯有真主”。比较图689。

在这里，还需要对传统的历史观作进一步的调整。十字军东

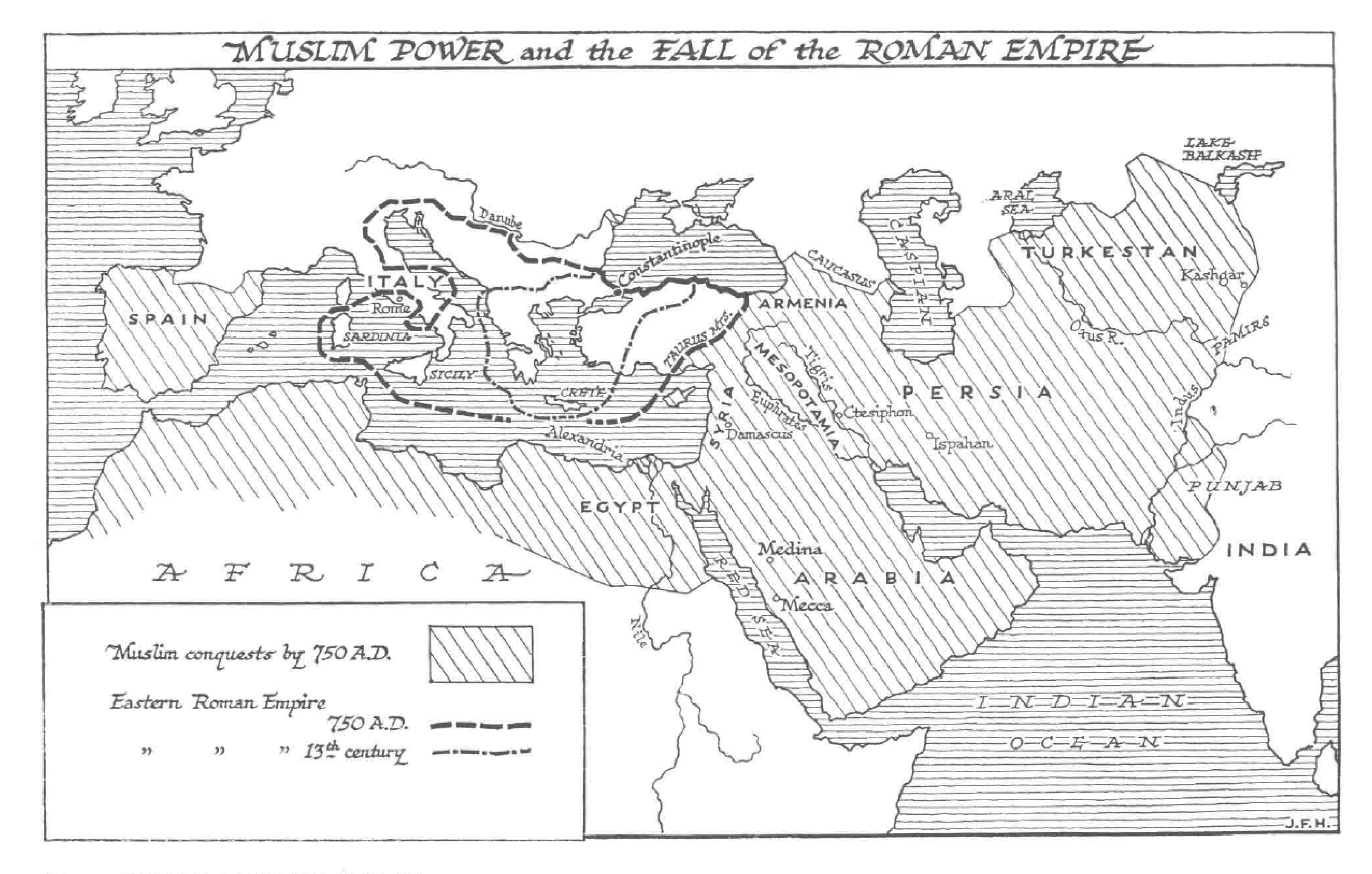


图 683 穆斯林的势力范围和罗马帝国的衰败。

征打着基督教的旗号，在名义上并且主要是在动机和事实上，企图从伊斯兰教徒手中夺取圣地。东征的主要目的，显然还有掠夺和瓦解幸存下来的罗马帝国残余，获取贸易上的有利地位，从时称君士坦丁堡的东罗马（即拜占庭的都城）赢得战利品（边码 760），东征后期尤其如此。从这一点来看，十字军东征可以看作是曾使西罗马政权崩溃的野蛮人入侵的延伸。

在技术方面，西方几乎没给东方带去任何东西，技术的传动沿着相反方向进行。东方的工匠时常移居西方，特别是在遭受迫害和战争的情况下。他们向欧洲的学生和学徒传授自己的技术，将故土的技术传统带给了那些已经掌握基督教拉丁国家传统的人。还必须记住的是，758 拜占庭帝国虽然在几个世纪中深入欧洲本土，拥有西西里岛和南意大利的大部分，虽然西西里岛、西班牙半岛后来为穆斯林所控制（图 683），此外，拜占庭帝国和哈里发国家本身都接受来自中东和东亚的货物和技术。这样，从波斯、中国——在一定程度上还有印度，原材料、器物、技术和思想通过各种途径渗入了西方。

在拜占庭帝国上千年历史的大部分时间里，伊斯兰从拜占庭获益匪浅，自身不断发展壮大（图 683）。最终吞并了拜占庭，实现了统治势力和财富的超越，在技术上则至少与其不相上下。因此，500—1500 年间欧洲的重大技术创新（major technological innovations）莫不带有其中某种文化的印记，也便不足为奇。

这里还需要进一步调整历史观念。虽然伊斯兰教崛起于 7 世纪，但它的特色文化在 850—950 年间才有所发展。伊斯兰文化主要受拜占庭人、聂斯脱利人、叙利亚人和犹太人影响而形成，古叙利亚语在形成进程中发挥了重要作用。不过，这些民族——尤其是聂斯脱利人——的知识和文化是以自古以来的希腊为基础的，这使得伊斯兰文化同我们的文化一样，主要是希腊文化的间接继承者，尽管这种遗产来自并不相同的渠道。

在许多方面，西方长期坦然地把东方当作师傅和导师。炼金术[1]（第21章）、占星术和数学在传向西方的同时，也带来了大量真正的知识，它们几乎全部来自伊斯兰教影响下的地区。讲阿拉伯语的犹太人和其他民族把阿拉伯著作（它们本身则往往来源于古希腊或拜占庭）翻译成拉丁文，并有所创新或改善。这些巨大的知识影响，以及它们涉及的所有东西方之间的交流，都深深触动了西方的技术目标和技术策略。然而，尽管读者需要注意到这些影响，但在此甚至无法概括性地审视它们，因为它们与其说是属于技术史，不如说是属于科学史和思想史。

与东方的联系带给西方许多新的物品和技术，明显体现在医术及药品（边码371）、染料和着色技巧（边码364起）、星盘和浑天仪之类的精密仪器（第Ⅲ卷）以及全方位的思想中。这在很多章节都有体现，包括冶金术（第2章）、炼金装置（第21章）、工业化学（第10章）、房屋建造（第12章）等等。此外，从东方还传过来许多调味品和食品（第4章）。中世纪欧洲的农业（边码83以后）、交通运输（边码538）、矿业、兵法、武器和盔甲（边码706、边码715），还有中世纪所有战争与和平时期的技巧，都展现出东方的影响。特别是通过伊斯兰世界和拜占庭帝国的重要渠道，从东亚传来了火药（边码374—382）、造纸术（第Ⅲ卷），也许还有印刷术（第Ⅲ卷）和运河船闸。在航海方面，则有船尾杆舵、从船头到船尾的船具、指南针以及其他许多东西（边码770—771表）。

760

我们提及的这些东方的影响，在西方被生硬地添加在技术和风格的传统上。这种传统源自希腊、罗马文明，并已散布于整个西北欧。在这一地区，传统的古典因素已经部分地毁于破坏了罗马帝国政治架

1 希腊的炼金术可能在前基督时代（但肯定不会晚于2世纪）出现在亚历山大。它一直持续到拜占庭帝国时期，至少是10世纪。这种希腊炼金术与中国、阿拉伯炼金（丹）术的关系迄今还没有完全搞清，但无论如何，传到西方的是阿拉伯地区的炼金术。

图 684　此图显示了横贯亚洲、连接中国和拜占庭的古丝绸之路。

构的野蛮人入侵。然而，古典技术的传统在东地中海地区几乎完整地幸存下来，并在那里糅合了当地的特色，这一特色在异教徒、基督徒、伊斯兰教徒的发展中都曾起到重要作用。

起初，近东技术活动的主要中心自然是古希腊世界中的大城市，尤其是南方的亚历山大、中部的安条克和北方的拜占庭。330 年起，拜占庭成了东罗马帝国的都城，一直到 11 世纪都是地中海地区最大的贸易中心。交汇于拜占庭的罗马帝国时期的古老道路（图 459）仍发挥着作用，将这座都城同亚得里亚海、多瑙河流域和中欧联系起来。黑海则促进了与高加索地区、俄罗斯南部的贸易，以及沿伟大的丝绸之路穿越中亚与东亚地区的最遥远的贸易（图 684）。

尽管博斯普鲁斯海峡上的这座大城市极为重要，较小一些的地方——例如大马士革、以弗所、尼西亚、帕加马、锡诺普、士麦那、特拉布宗和提尔——也都扮演了不可忽视的角色。发展中的控制性因素是新的基督教信仰，它从君士坦丁大帝（Emperor Christianity）那儿获得了正式认可。当时，君士坦丁将文明世界的首都由罗马迁至拜占庭，从而迈出了把东罗马文化置于特殊轨道的第一步。

761

22.4　朝圣者、十字军和商人

随着伊斯兰世界在 7 世纪飞速的惊人扩张，拜占庭帝国的大片领土脱离了基督教的控制，其中包括亚历山大和安条克这两座帝国最重要的城市。新的穆斯林统治者非常乐意使用那些技艺娴熟的基督徒工匠，他们的技艺受到未开化的追随者仰慕和惊叹。于是，技术仍在被征服的土地上持续发展。起初，这里的产品与邻近的基督教国家的产品几乎没有差别。倭马亚王朝（Umayyad caliphs，661—750）的哈里发在建造其最尊崇的两个礼拜场所时，就动用拜占庭工匠兴建耶路撒冷的金顶清真寺，制作大马士革清真寺的镶嵌图饰。不久，由于和更远的东方国家接触，哈里发的工匠们越来越受到其他因素尤其是波斯因

素的影响，另外也受到伊斯兰信仰自身引发的一些观念的影响，从而产生了独特的艺术和技巧。伊斯兰技艺变得重要起来，最终取代了东方基督教国家的技艺。但是，这种转变极为缓慢，拜占庭的影响在数个世纪中主宰着伊斯兰技术。

在 10 世纪或 11 世纪，西方与东方基督徒、穆斯林的贸易和政治联系快速地增长起来。尽管其间有无数次中断，这种联系依然是广泛的，不仅给西方带来了器物和原材料，还带来了许多有关技术、手工艺和装饰花样的知识，因为东方工匠和艺术家的技艺较西方远为精湛。金属加工、玻璃切割、上釉彩、制陶、纺织等技术，甚至相关物品的款式和装饰，都被西方的匠人仿效了几个世纪。在西方工匠看来，本土绝没有质量如此之高的材料和做工。



图 685　亨廷顿郡拉姆西修道院的“毕达哥拉斯圆圈”。约 1110 年，一位盎格鲁–撒克逊人在上面书写了蹩脚的希腊文。左上方两个圆圈之间是 ZOE MICRA（渺小的生活），右上方是 ZOE MĒGALĒ（伟大的生活），在它们的下方分别是 THANATHOS MĒGAS（伟大的死亡）和 THANATHOS MICROS（渺小的死亡）。另外，圆圈上还编排了一个月的天数。至于十字架四个端点和纵横两部分上的希腊文单词，更是讹误迭出。

除了向西迁移的东方工匠所造成的联系，最初的联系由朝圣者建立。这些虔诚的人大批地造访圣城，经常带回纪念品、圣物或华丽的书籍封皮。这类东西被送入西方教会的宝库，或被仿制，或被用来启发新的观念、方法和技巧。例如，在著名的盎格鲁–撒克逊缮本《林迪斯凡福音书》(*Lindisfarne Gospels*) 中，福音传教士的肖像便以东方基督徒为原型。盎格鲁–撒克逊医生使用的普通草药书中的插图也是如此[1]，神奇的处方有时用零乱的希腊文

1　《林迪斯凡福音书》和盎格鲁–撒克逊人关于草药的记述都源于南意大利的范本，但南意大利那时是拜占庭疆域的一部分，完全受拜占庭的影响。

写就（图 685）。诺森伯兰的十字形雕塑在 700 年左右竣工，据说是仿效了东方基督徒的原作。奥尔良附近热尔米尼德普雷的 9 世纪的教堂，遵循了东方基督徒的设计图样，含有拜占庭风格的镶嵌图饰（图版 44）。1000 年之前，这类事例举不胜举。

在 7 世纪，巴勒斯坦的圣城脱离了基督教的控制。此后，来自西方的朝圣活动开始集中于君士坦丁堡，无数的圣物被从那里带走。除了这样的联系渠道，还有与近东各地的商业交流作为补充。西方也存在着希腊人和叙利亚人的贸易殖民地，特别是在马赛和西西里。

在 6 世纪和 7 世纪早期，君士坦丁堡的皇家织机几乎垄断了丝织品的输出，尽管原料是通过丝绸之路从中国传来的（图 684）。查士丁尼一世（Justinian Ⅰ）在位期间（527—565），君士坦丁堡引入养蚕业，开始了原料的生产和丝织加工。但是，当一直非常重要的叙利亚和埃及的纺织业在 7 世纪被穆斯林所控制时，它们的丝织品也对外输出，与君士坦丁堡的垄断展开了竞争。所以，西方用以在墓穴中包裹圣徒、皇室成员（图 682、图 687）或保护圣物（图 686）的织物，以及用于显贵们聚会场合装束的织物，有时来自拜占庭，有时来自伊斯兰教国家。例如，在达勒姆地区圣库思伯特（卒于 687 年）的陵墓里——其遗骸于 1104 年移至此处，大披肩就产自伊斯兰教国家，并且有可能是产自美索不达米亚（图 682）。德国和法国的圣徒裹尸布有一些来自拜占庭（图 686），一些来自波斯（图 687），还有一些可能来自叙利亚。在西方存留下来许多这类东方织物的样品，但显然有更多的织物已经被毁坏了。这些织物的装饰布局，曾经常常激发出西方本地雕刻匠和织匠的灵感。在中世纪早期建筑支柱的柱头上，最为人们称道的罗马式的标志——诸如鹰（图 688）、带翅膀的龙和狮身鹰首兽，归根到底都源于东方的织物，许多花的图案或更形式化的图案也是如此。此外，甚至还有西方工匠模仿装饰性的手写体阿拉伯经文的事例

763

764



图 686　一幅 10 世纪拜占庭丝织品上的部分图案与文字，出自艾克斯拉沙佩勒的查理大帝（Charlemagne）陵墓。图案中是保持拜占庭一贯风格的大象。丝织品可能是奥托三世（Otto Ⅲ）在 1000 年打开棺椁放在里面的。通过奥托三世的母亲——拜占庭公主塞奥法诺（Theophano），拜占庭在奥托三世的宫廷中有着很大影响。丝织品边沿上的希腊文单词里出现了两个人名，其一是彼得罗斯（Petros）。此人在这里用拜占庭文字被描述为君士坦丁堡泽夫克西波斯地区的长官，帝国丝织工场便位于这个地区。

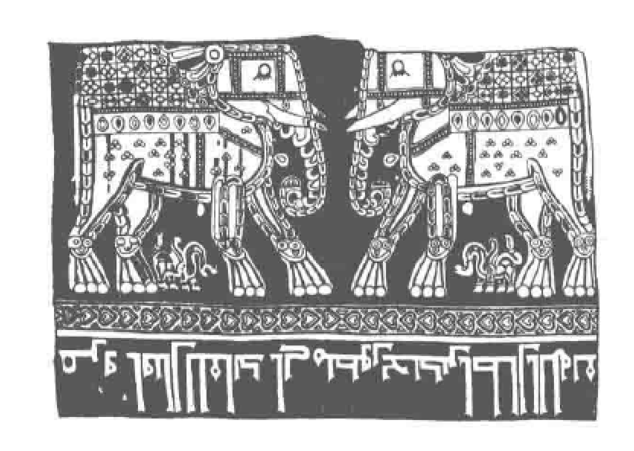


图 687　7 世纪布列塔尼的传奇国王圣约瑟（St. Josse）遗骸上所用的 10 世纪丝织品的图案。1195 年他的遗骸被运到加来地区专门为他建造的修道院，并在那里裹上了带有这种图案的出自伊斯兰技艺的裹尸布。库法体的阿拉伯文可译作：“荣耀和兴盛的财富属于首领海德尔（Abu Mansūr Haidar），愿真主使他永生。”10 世纪时海德尔统治着波斯的库拉桑地区，这就给出了这件丝织品的年代。发音符号（可改变字义）若被去掉，表达“兴盛的财富”的单词则又表示“大象”。这种两可的措辞应是有意为之。在织机上，精致的图案是两边相向织成的，字符的织造则不是这样。

（图 688、图 689）。

尽管最便于携带的织物是贸易或交换中最常见的物品，金属器具、珐琅器、象牙制品甚至陶器和玻璃器皿也被带来了，并且常常被仿制。实际上，从 9 世纪起，中世纪早期的许多珍贵制品几乎只具有其东方原作的形式（图 690、图 691）。有时，尤其是在 11 世纪和 12 世纪，很难确认某些物品到底是制作于拜占庭国内，还是仿照拜占庭的原物在西方做成的（图 692）。在伊斯兰教徒征服叙利亚、埃及时，以及在反对崇拜圣像的皇帝们的执政期间（726—843），类似情形因大量工匠从东方涌入而进一步得到巩固。

12 世纪，这种东西方关系由于十字军东征而得到强化。第一次东征经由君士坦丁堡在 1099 年抵达耶路撒冷，在巴勒斯坦和叙利亚建立起了拉丁人的殖民地，并起到一定的作用。各种各样的手工业技巧、新的建筑方法和实用艺术的新见解，由此而被介绍到西方。一个完整的词汇表被创造了出来，更确切地说是被传送出来。现在我们的日常用语中，还有非常多的单词是那时从阿拉伯语中吸收过来。作为纺织品贸易的结果，有两个单词被传到西方，分别是锦缎（damask）和平纹细布（muslin）。前者出自大马士革（Damascus），后者出自摩苏尔（Mosul），两种织物据信分别产自这两个地方。“用波形花纹装饰”（damascene）的金属，同样源于一种最初与大马士革有关的技

765

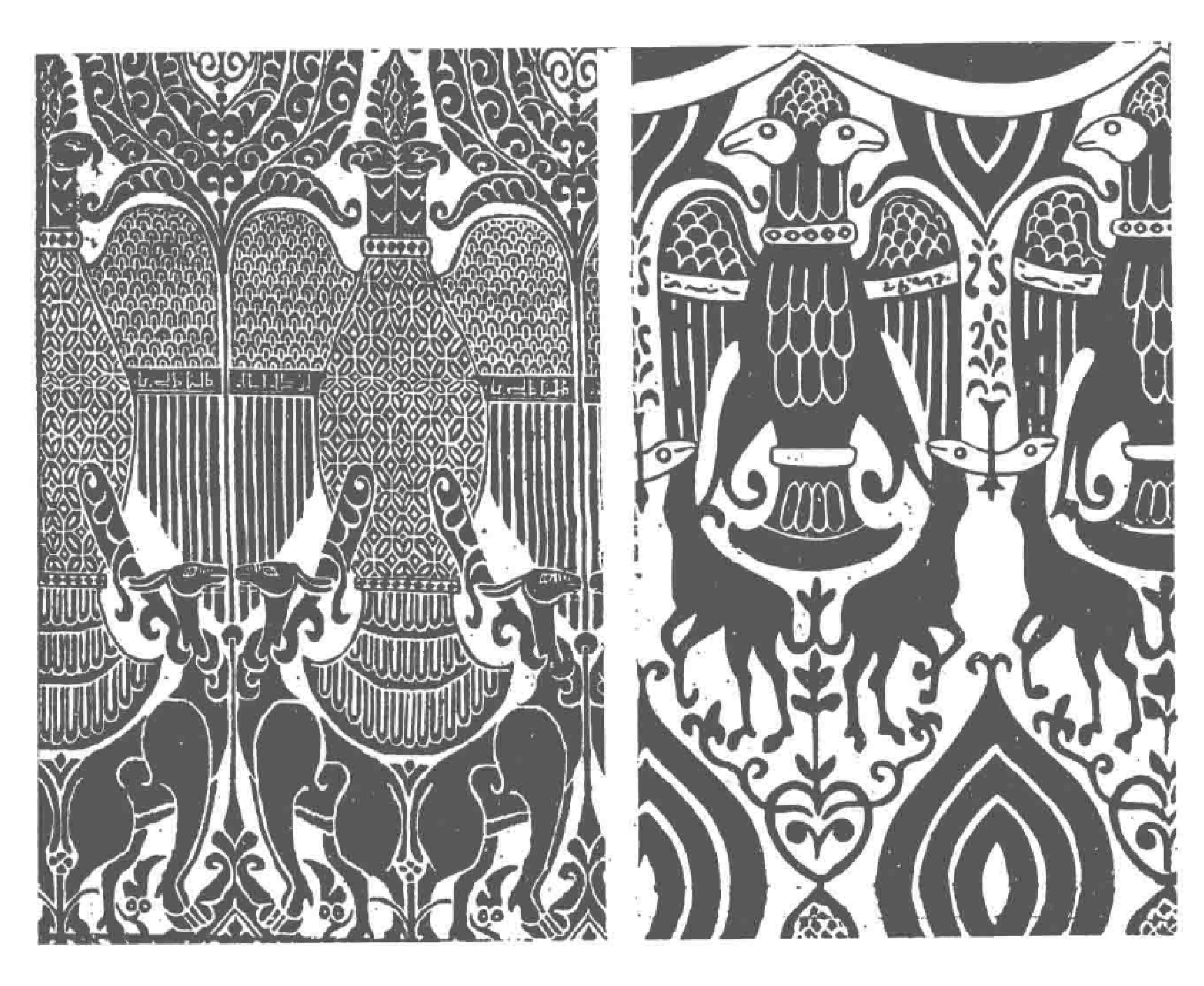


图 688 （左）伊斯兰丝绸上的鹰和瞪羚图案，约 1200 年在西西里或西班牙织就。（右）约 1200 年画在多姆山省克莱蒙大教堂地下室拱顶上的图案的复制品。画匠尽可能忠实地遵循样品，但他未能理解鹰翼上的阿拉伯文题词，并且曲解了瞪羚的头颅。

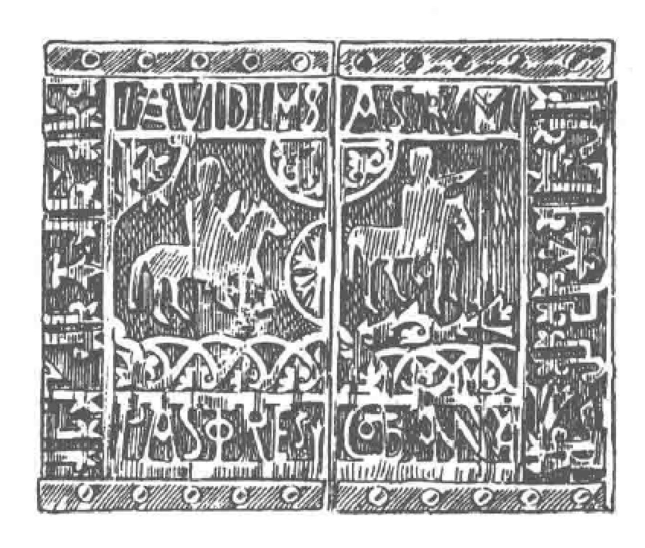




图 689　阿拉伯文的书法，尤其是带有装饰性的库法字体，很快就成了装饰物。西方工匠不管其蕴意和来源如何，广泛予以仿用。(左) 卢瓦尔省勒皮大教堂的一块 12 世纪的木镶板。它显示了一位身为基督徒的法国雕刻匠——他不像织匠那样囿于织机的技术限制——将阿拉伯文用于装饰。雕刻匠将部分伊斯兰教的信条框住《新约》中的场景。(右) A 图中更详细的词句为“……唯有真主”，即穆斯林经文中第一句“万物非主，唯有真主”的结尾。比较 B 图，出自蒂罗尔地区一所教堂的约 1300 年的东方小地毯，上面有短语“万物非主，唯有……”中公式般的开头部分，在这里它进一步改换成纯粹的装饰。

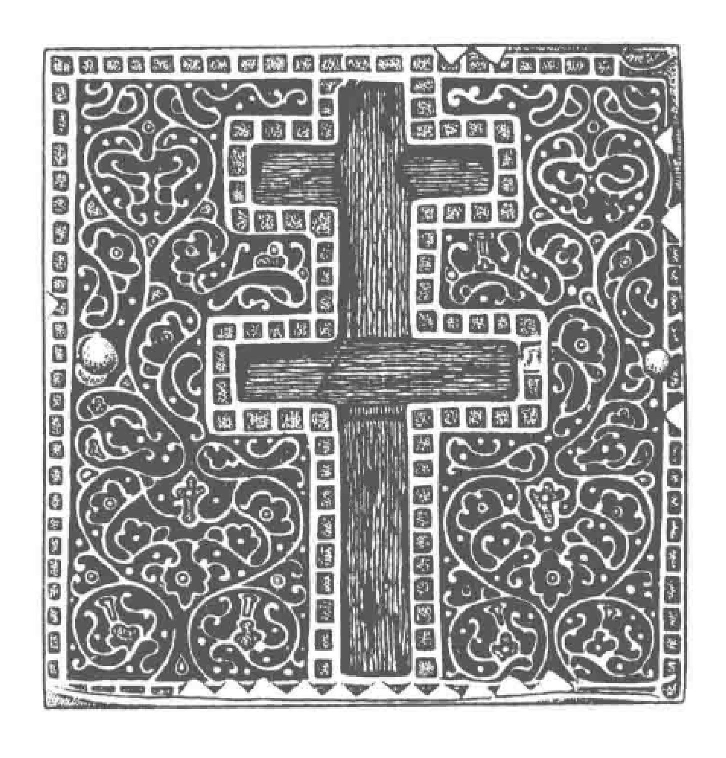


图 690　569 年制于君士坦丁堡的景泰蓝圣骨匣的一部分，是一个不完整的“真诚十字”。圣骨匣由拜占庭皇帝查士丁二世（Justin Ⅱ，565—578 在位）送与皇后拉黛贡德（Radegund，519—587）——普瓦捷圣克鲁瓦女修道院的院长（边码 452）。



图 691　800 年左右的拜占庭金底景泰蓝嵌丝珐琅十字架（边码 466）。





图 692　“阿尔弗烈德宝石”与图 691 中十字架的技法相似，却是英格兰的做工（边码 465）。

法（边码 57）。其他这一类的名称，会在工业化学（边码 351 起，边码 354）和炼金装置（边码 733、边码 738）中提及。

如果说早期十字军东征的结果是将伊斯兰世界的文化更多地带到西方人面前，那么 1204 年第四次东征的结果则带来了对拜占庭艺术更进一步的了解，因为这次行动专注于占领和劫掠基督教的君士坦丁堡，而不是将异教徒赶出巴勒斯坦。大部分积聚下来的艺术财富遭到肆意破坏，但

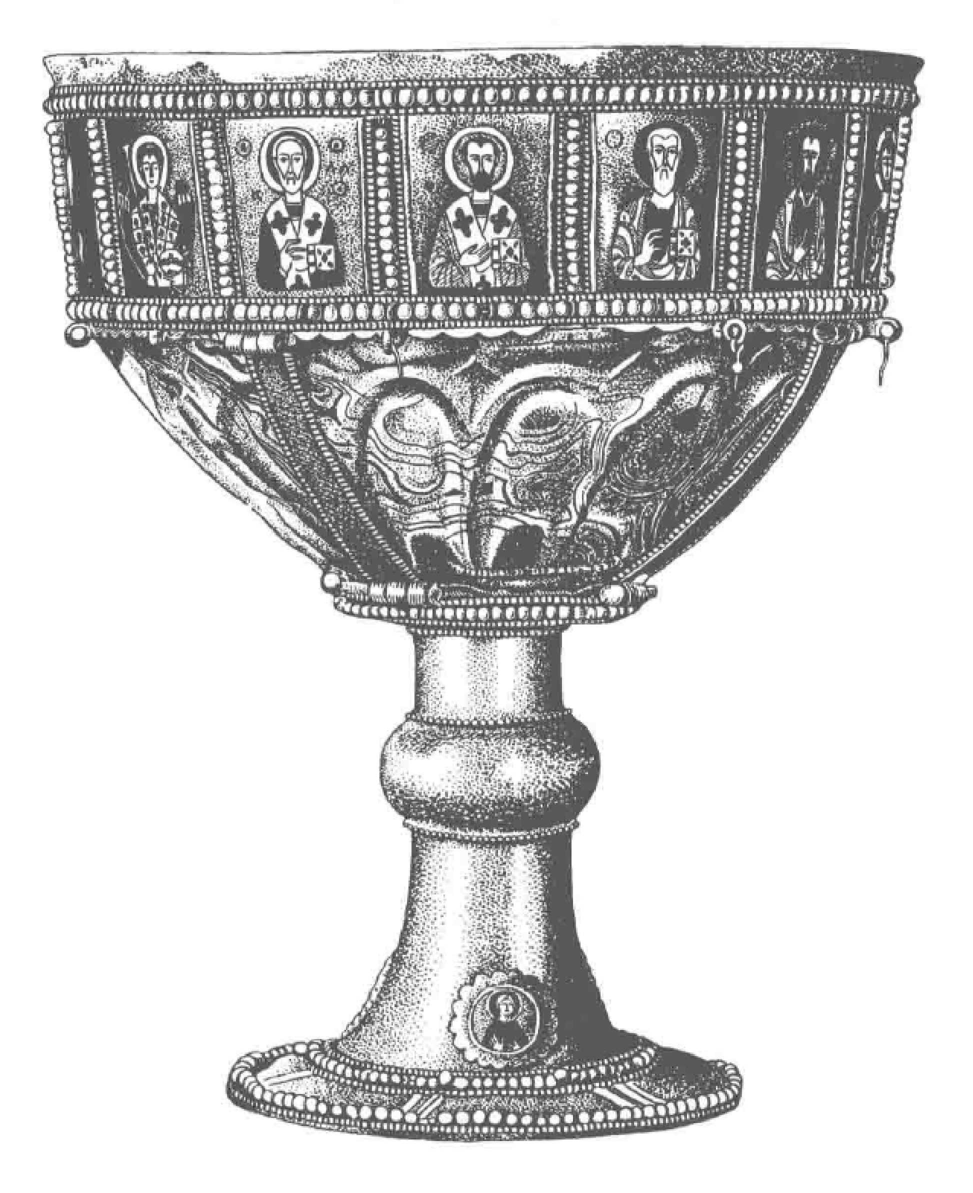


图 693　威尼斯圣马克教堂宝库中的拜占庭玛瑙圣餐杯，表面为景泰蓝，由珍珠镶边。这是由 1204 年的十字军参加者从劫后的君士坦丁堡带来的（边码 467）。

有不少珍贵的器物被带到西方并呈送给那里的大小教堂，威尼斯圣马克教堂便由此获得了由拜占庭器物组成的巨额财富（图 693）。这次东征是最大的一次掠夺性开拓，但并非仅有的一次。其后，意大利、法国、加泰罗尼亚海盗式商人在小亚细亚和叙利亚发动了许多次较小规模的类似劫掠，他们所聚敛财宝的丰富和精美激励着本土匠人。即便算不上照搬照抄，西方的许多产品也都是效仿了东方的原物。不过，这些仿制品的工艺通常比较粗糙，原料也不是那么昂贵奢侈。

在 14 世纪近东的下一个历史阶段中，由于拜占庭帝国日趋困蹙，密切的接触就较少见到了。意大利人、法兰克人的凌辱，威尼斯、热那亚对帝国都城的额外土地要求，都激起了君士坦丁堡对西方的痛恨。另外，十字军东征的恶果在一定程度上隔断了与穆斯林世界更多的和平交往。在此后的岁月里，西方将缓慢地逐步成为东方的主人。

766

22.5 “阿拉伯”数字

有一种发明特别值得提及，它几乎对每一种西方技术都有深刻影响，出现的年代远早于伊斯兰教，这就是肇始于印度的所谓“阿拉伯”数字体系的应用。这项发明对于技术的重要性怎么评价都不过分，只是我们对它习以为常了。

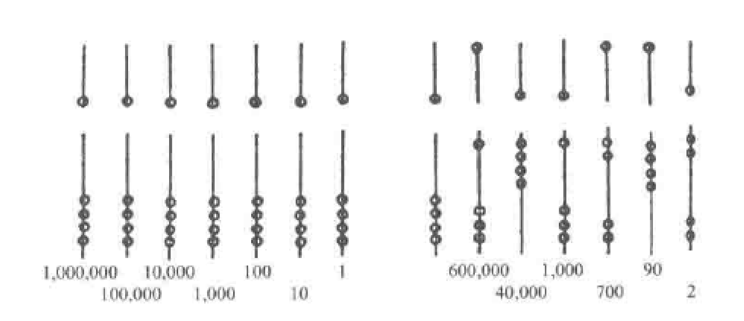


图 694　罗马算盘的关键构件，包含了在金属丝上滑动的带孔小珠。左边是它准备开始运算时的状态。右边表示总数为 641 792。如果不用算盘而用罗马数字来表示，那么这个总数将会有 21 个元，即 $CCCCCCXLI^{M}VII^{C}LXXXXII$。

13 世纪之前，除了最简单的运算，所有运算都通过算盘进行。算盘这种工具可以追溯到古希腊时期，西方在 16 世纪之前一直广泛地使用它，东方在 20 世纪 50 年代仍在广泛使用。过去，欧洲用古老的罗马符号表达数字，这种方法在表示较高数阶时会妨碍阅读或记录(图 694)。加和减在使用算盘时是容易的，但其他的计算过程就超出了大多数算盘使用者的能力范围，常常不得不求助于以使用算盘为职业的人来做那些我们现在视为十分基本的运算。基于罗马符号的特点，这些运算在过去的难度远远大于现在。算盘和罗马数字最终都被另外一种方法所取代，这种方法在 13 世纪时被介绍到了西方。

12 世纪末，商人比萨的莱昂纳多(Leonardo of Pisa，约 1170—

1245）——又名斐波那契（Fibonacci）——居住在北非，从讲阿拉伯语的同伴那里学会了使用印度数字体系。在这种体系中，包括零在内的每一个数字的值都取决于它所在的数位[1]。这就是我们现在普遍使用的计数方法，它使得每一名学童都可以理解算术的基本规则。

767

1201 年，已经返回家乡的莱昂纳多完成了一部著作，它被视为自古代以来西方对数学的最重要贡献。当时在讲阿拉伯语的工匠和商人中沿用已久的数字体系，首次被一位拉丁基督徒就其在西方技术和商业方面的应用进行了详尽阐述[2]。由于人们习惯于使用算盘，阿拉伯数字体系取代笨拙的古罗马数字体系的进展非常缓慢。不过，阿拉伯数字体系到 16 世纪已经几乎通行于西欧。它的采用是科学兴起的一个重要因素，而且在确定 16 世纪和 17 世纪科学与技术的关系方面不无作用。

768

22.6 中国

在简略叙述了近东、中东影响欧洲技术的历史进程以后，有必要来谈谈远东的影响。本卷主要关注的时期，正巧与伟大的中华文明最繁荣的时期极为吻合。

较诸我们自己的文明史，中华文明——尤其是其早期阶段——的历史很少受到西方学者的科学分析，确凿的资料并不多。事实上，中华文明其实是我们知道的存在最久远、延续最完整的文明，而我们的文明只有在被视为古地中海文明的后继者时，才可以说是古老而延续不断的。不过，至少从技术角度上看，古地中海文明又主要继承于近东的古代帝国。中国的技术史是唯一可以公允适当地和我们的技术史进行比较的。为了使这两类技术进入相关的历史视角，有必要掌握几个中国历史上的主要年代，以便与近东和欧洲的历史年表相对照。这

1 因此，在 222 这个数中，数字 2 逐次代表 200，20，2。

2 距此 1 个世纪之前，西方将这套体系用于科学和历法。

些年表见于第Ⅰ卷的边码 lii、liii、liv 和本卷的边码 lv—lix。

新石器时代人类在中国的最早踪迹	约公元前 2500 年
中华文明的踪迹	始于约公元前 1000 年
中国首次统一	公元前 221 年
汉朝建立	公元前 206 年
三国鼎立	220 年
第二次统一	265 年
第二次分裂(南北朝)	420 年
第三次统一	581 年
第三次分裂(南方和北方)	907 年
第四次统一	960 年
元朝	1279 年
明朝	1368 年

李约瑟正在为中国做的事情正是本书各卷要为西方所做的。他认为在本卷覆盖的时期里，欧洲从东亚引进了许多那里创造出来的发明。这些主要源于中国的发明要到达西方，只能经由伊斯兰世界或拜占庭，或者——特别是农业方法、用具——经由惯于流向荒蛮东欧地区的草原民族。与此同时，自然也有一些沿着相反方向的传送，即由西亚到东亚。不过，我们在此必须将自己限定于正在审视的这个时期里技术的西向传送。为了形象地说明这种传送，李约瑟绘制了下面这个引人注目的表格(见表 22-1)。 769

22.7 印度 772

诚如我们的西方文明源自希腊—罗马文明，其他的东亚文明——朝鲜、日本、印度、暹罗甚至缅甸的文明，都或多或少依赖于中国或

表 22-1　中国向西方传播的一些技术[1]

1. 发明或发现		2. 中国		3. 欧洲		4. 大致的最少时间间隔（用世纪表示）
		试验时期	最早的确切时间	试验时期	最早的确切时间	
a	龙骨水车	公元前 1 世纪； 可能在 83 年提及。	189 年	17 世纪?	1672 年	15
b	带槽棱的石碾	公元前 1 世纪	170 年	15 世纪? [2]	1607 年	13
	带槽棱的水碾		400 年	15 世纪?	1607 年	11
c	碓		公元前 4 世纪			
	水碓	公元前 2 世纪到 公元前 1 世纪	20 年	15 世纪? [3]	1607 年	14
d	曲柄扇车		公元前 40 年	850 年出现曲柄	18 世纪晚期	14
	通气扇		180 年	15 世纪?	1556 年	12
	用于熔炉、锻炉的水动力鼓风机	公元前 2 世纪到 公元前 1 世纪	31 年		13 世纪	11
	水动力鼓风机（带曲柄的式样）		1310 年		1757 年	
e	可连续送风的活塞式风箱		公元前 4 世纪	15 世纪?	16 世纪	14
f	提花机	公元前 2 世纪	约公元前 100 年		4 世纪到 5 世纪	4
g	丝织机械： 缫丝机 锭翼、拈接和并丝 使用水动力	 早于公元前 100 年 13 世纪 	 公元前 1 世纪 1090 年 1310 年		 约在 13 世纪末 全面采用 14 世纪	3—13
h	独轮车	1 世纪	231 年		约 1200 年	9—10

（续表）

1. 发明或发现		2. 中国		3. 欧洲		4. 大致的最少时间间隔（用世纪表示）
		试验时期	最早的确切时间	试验时期	最早的确切时间	
i	带帆马车（可在陆上高速行驶）		552 年		1600 年	11
j	旅行用车载磨	340 年	1580 年	12		
k	高效率的马挽具： 肚带 轭	 公元前 4 世纪	 公元前 2 世纪 3 世纪到 7 世纪	 6 世纪? 9 世纪?	 约 1130 年 约 920 年	 8 6
l	弩（单人兵器）		公元前 3 世纪	罗马帝国时期已有了解，但在中世纪之前并未广泛使用。④	11 世纪	13
m	风筝		约公元前 400 年		1589 年	12
n	垂直旋转的陀螺（用细绳抽）		320 年		18 世纪	14
	走马灯（上升的热空气使灯罩转动）		180 年		17 世纪	约为 10
o	深钻技术（探寻地下水、盐水和天然气）	公元前 2 世纪	1 世纪		1126 年	11
p	铸铁	公元前 4 世纪	公元前 2 世纪	在古代和中世纪铸铁只是偶尔出现。	13 世纪	10—12
	铁犁镜		9 世纪		约 1700 年	25
	耧		公元前 85 年	在古代有所了解	约 1700 年	14

（续表）

1. 发明或发现		2. 中国		3. 欧洲		4. 大致的最少时间间隔（用世纪表示）
		试验时期	最早的确切时间	试验时期	最早的确切时间	
q	常平架	公元前 1 世纪	180 年		约 1200 年	8—9
r	弓形拱桥		610 年		1345 年	7
s	吊索桥		公元前 1 世纪			
	铁索吊桥		580 年	1595 年时提出	1741 年	10—13
t	以一系列闸门调控运河和其他河流		公元前 3 世纪		1220 年	17
	有效的河闸闸门和闸室		825 年		1452 年	7
u	造船： 船尾杆舵 水密舱		 8 世纪 5 世纪		 1180 年 1790 年	 3 12
v	帆装： 高效帆（帘幕加上板条） 船头及船尾的船具		 公元前 1 世纪 3 世纪		 19 世纪 9 世纪	 18 6
w	火药	8 世纪	约 850 年		13 世纪	4
	作为纵火兵器的点火剂		919 年	（7 世纪时使用过“希腊火”）		
	火箭和发火长矛		约 1100 年	约在 1300 年有描述	15 世纪	3—4
	射弹火炮		约 1200 年		约 1320 年	1
	爆炸性手榴弹和炸弹		约 1000 年		16 世纪	4—5

（续表）

	1. 发明或发现	2. 中国		3. 欧洲		4. 大致的最少时间间隔（用世纪表示）
		试验时期	最早的确切时间	试验时期	最早的确切时间	
x	磁：					
	在铜盘上转动的匙状天然磁石	公元前 1 世纪	83 年			
	水浮磁体		1020 年		1190 年	4
	悬挂磁针	10 世纪	1086 年			
	用于航海的指南针	11 世纪	1117 年			2
	认知地磁偏角		1030 年		约 1450 年	4
	探讨地磁偏角理论		1174 年		约 1600 年	4
y	纸：		105 年		1150 年	10
	采用木版或金属印版印刷	6 世纪	740 年			
	活字印刷		1045 年（用陶活字）		约 1400 年	6
	使用金属活字印刷	约 1340 年	1314 年（用木活字） 1392 年（出现于朝鲜）		约 1440 年	1
z	瓷器	1 世纪	3 世纪到 7 世纪		18 世纪	11—13

注释：

①根据李约瑟（Joseph Needham）著、王铃协作的《中国科学技术史》第一卷（1954 年版）表 8（第 242 页）而扩充。惠蒙作者和剑桥大学出版社允准。

除标明者外，所有年代皆为公元后年份。考虑到尚有相当多的疑虑和模糊之处，第 4 栏中的时间常常少于第 2 栏与第 3 栏年代相减而得到的数字。

②中国带槽棱的石碾有一个在平面上绕转的碾子。这与传统的球状碾（trapetum）与臼槽分离的布局有很大不同。见边码 112，图 80。

③在 13 世纪或更早的时期（边码 216），欧洲人知道了使用漂洗机。尚不明了它是中国碓的式样抑或是垂直提升式捣矿机的类型。但不管怎样，碓与鼓风炉的发展是相关联的。

④关于西方弩的历史的更多情况，参见边码 707 和边码 722—724。

上面表格中各项的年代排列的详尽论述，可参见《中国科学技术史》的后续各卷。

印度的文明。在此无须探讨衍生出来的东亚文化，但我们必须提到印度伟大的文明。

早期印度历史依然十分模糊，难以在年表上连续叙述或展现出来。起源于公元前2500年左右的印度河流域文明在其他地方已经提到过(第Ⅰ卷，第2章、第9章，表F)，它大约在公元前1500年毁于来自北方的野蛮部落之手。这些野蛮部落讲着一种近似梵语的雅利安语，而最早的梵语文字碑出现在大约公元前1200年。对于印度河文化能在多大程度上反映整个印度的文化，印度河文化在次大陆传播的范围有多广，以及印度河文化在多大程度上被北方入侵者吸纳或改变，人们了解甚少，无法断言。在许多个世纪里，印度始终是邦国林立。虽然人们知道曾有过佛教这个大的插曲，但对上述邦国的历史却几乎一无所知。直到公元前326年，印度历史才首次拥有了确定的年代。在这一年，亚历山大入侵了印度。

至少早在荷马时代，欧洲与印度已有了贸易联系。从罗马帝国早期到罗马帝国崩溃以后，甚至直到完全进入中世纪的相当长时期里，经由红海的欧洲和印度的海上贸易以不同的活跃程度延续着。罗马帝国和中世纪时期的交往踪迹，甚至抵达印度半岛东海岸及更远的地方。通过波斯湾和从陆路穿过巴克特里亚，印度也沟通了与欧洲的贸易(图684)。沿着以上这些路线，印度和欧洲之间的商贸往来必定存在。不过，考虑到印度庞大的人口数量和发达的文化水平，在我们追溯过的岁月里，印度人对西方的技术影响并不大。我们曾提到过印度的一大贡献，那是所谓“阿拉伯”数字体系(边码766)。西方很早便从印度输入宝石、珍珠、象牙、染料、调味品、香料、药材、虫胶、棉花、稻米、糖及其他原材料，印度铸造铁器可能比其他地方都要早。可是到目前为止，能够证实印度影响了西方技术的材料极难见到。这也许是由于考古探查尚不充分，但以目前的认知水平，技术史上必然会秉持否定的态度。

22.8 商路

773

技术意味着社会需要技术产品，并会在正常情况下通过最便捷的途径获取。因此，人类的稳定聚居形成后，商路便是一个最早的、自然而然的产物。它可以追溯到旧石器时代，并在今天即便从事最低级的食物采集的种族的经济活动中得到了印证。

所有这些路线都必须适应双向往来，因为人们的买与卖不可或缺。远在钱币出现之前，就有着某种形式的价格标准，对此予以记载被认为是创制文字的一个重要因素（第Ⅰ卷，边码 49、边码 101、边码 745）。随着钱币（money）[1] 在公元前 6 世纪的发明，一度是物物交换的交易活动出现了转变。从那时起，价格和随之而来的簿记在商业活动中成为更加重要的因素。由于公海上的交通随着地中海文明的兴起获得了进一步发展，海上路线也同长久以来的陆上路线一样，逐步趋于正规。当罗马帝国走向辉煌时，陆路和海路的安全都得到了最有效的保障，并且向正常往来开放。人们修建道路，提供定期航海服务，边疆、关隘、河津都有军队守卫（图 459）。

在罗马帝国境外，罗马商人及其代理人通过陆路、海路向远方扩散，直至印度和中国。与此同时，东方民族在向西方进发。在罗马帝国灭亡后，这样建立起来的往来途径继续发挥着作用，但数量和活动都在缩减。它们在中世纪早期都大致得以保全，到了本卷涉及的时期之末又较往昔更加繁忙。在中世纪晚期，开辟出了另外一些路线，其中那些穿越阿尔卑斯山脉的路线值得注意，它们将意大利的古代文明与已摆脱蛮荒状态发展壮大起来的西北欧诸国连接起来（图 695）。

和交易、商业、簿记一样，商路属于经济史的主题。虽然它们和我们的主题联系得很密切，但不能在本书各卷中进行探讨。不过，读者可以从不多的几个图示中有所受益，它们展现了罗马帝国贸易的大体方向和性质（图 459），中世纪时向欧洲方向贸易的发展（图 695）；阿

1　源于朱诺的一个称号 Moneta。朱诺的神庙一度是罗马帝国铸币工场所在地。

尔卑斯山脉的穿越，以及一些重要的陆上和海上路线。通过这些路线，亚洲人抵至比较遥远的地方，并在不同时期都与欧洲保持着一定的交往，尽管这种交往很是有限（图 684）。

本卷的叙述始于人类在地球上已经生存了 50 万年之时，有的社会——尤其是在伟大的帝国此兴彼衰的近东——已达到了很高的文化水准。埃及和美索不达米亚的伟大帝国给我们的文明留下了深刻影响，我们文明的大部分可以说是由它们传承而来。在伟大的帝国衰落时，迈锡尼人、希伯来人、腓尼基人、伊特鲁里亚人等较小民族建立过短暂的强盛国家，也给我们的文明也留下了影响，其中有些影响意义深远，但在技术方面的重要性则要小一些。不过，本卷所关注的主要是约公元前 500 年到 1500 年间的技术事件。它们首先论及希腊和罗马的伟大地中海文明，然后论及在西罗马帝国崩溃后一千年里的欧洲——特别是西欧，人们对这一千年的技术认识得较少。

774

本卷还贯穿着对一种我们再也遇不到的东西方关系的考察。东方在中世纪结束时已几乎停止了向西方输送技术和思想，并自那时起一直在吸纳西方的技术和思想。这种对年代久远的文化趋势的逆转，引发了两个方面的思考。其一，在没有任何称得上科学的因素指导下，能够取得如此高深造诣的技术着实值得惊叹，虽然技术的进步极其缓慢，但累积下来的进步幅度出人意料。其二，正如《技术史》前两卷所描述的一样，技术在其早期阶段（此阶段远长于别的阶段）依托经验，这与技术在后来的阶段依赖科学形成鲜明对比，对此我们不可能视而不见。下一卷将述及两种倾向之间若干世纪里的情形，并将探讨新兴的、自觉的科学对渐趋工业化的技术所带来的早期影响。

在当今时代，技术已经几乎等同于科学知识在实践中的运用。对于我们来说，科学（science）似乎是技术之源、技术之父（parent of technology）。退至本卷述及的时期之末，即在 1500 年前后——或许更晚一些，说技术（technology）是科学之父（parent of science）则更为准

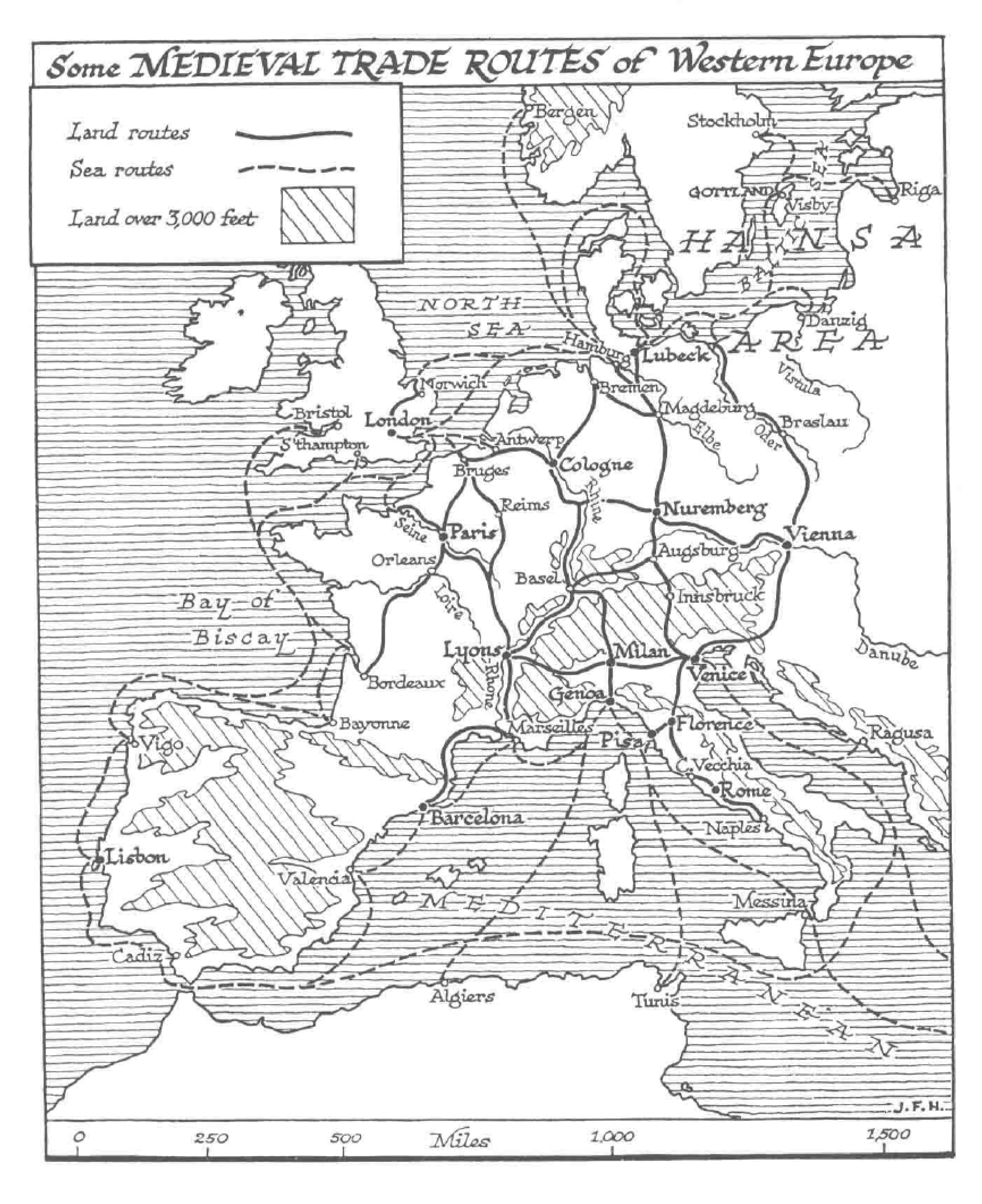


图 695　中世纪时西欧的一些商路。

确。不过，自通常被叫作"文艺复兴"的这一颇不明确的时期开始，对自然现象的观察越来越系统，自然界的知识更是通过实验被不断地揭示出来。实验又称受控观测，是一种较以往远为迅捷、可靠的拓展知识的方法。随着本书各卷论述的展开，运用实验的兴起和经验主义(empiricism)在技术方面的退出会日益明显。在本卷所审视的两千年里，技术上的主要成就几乎都植根于经验。在告别本卷时，我们有必775要回顾一下这些成就。许多不同的选择都是可行的，但恐怕没有两个人会选定完全相同的一套方案。

有些人对用自然力代替原本由人力、畜力完成的工作最为看重。如此一来，就要先谈到水车，首先是横式水车，继而是立式车，然后是风车(第17章)。不过，我们还应该记住，这类机械的发展多是由于对早就应用的转动原理(第Ⅰ卷，第9章)逐步深入的掌握，特别是它们在传动装置构造中的应用(边码645起)。若干工具——螺旋、刨、车床、曲柄、滑轮和运转钳——的使用，给水车的装配制作和平稳运转提供了便利，它们都是在本卷述及的时期里出现的(第11、18章)。使用这些简单的工具探索新的动力来源，可以视作由古代向近代过渡的第一步的标志。

或许可以这样说，人的第一需要是食物，所以首先要着眼于粮食收获的提高和储存措施的改进(第3章；第Ⅰ卷，第13、14章)。按照这种观点，从地中海地区的旱地耕作法和近东的灌溉方法开始，逐渐演变到在西欧、北欧泥泞的土地上进行排水耕作和深耕，使西北欧有可能发展出较高级的技术形态。于是，农具的改进尤其是犁的进步(第3章)非常重要，它使西欧和北欧具备了成为文明世界的可能性。

再者，既然技术不可能有永恒的疆界，能增加交流方式尤其是运输方式的任何因素，都必定促进一个地区的设计发明向更广阔文化区域传播。这种思路强调独轮小车(边码642)、深钻技术、铸铁(边码74—75)、船闸门(边码688)、万向架、纸、印刷术等许多从东亚传

入西欧的思想和发明，强调不同民族相互联系的手段的重要性，诸如人工修建的道路、载客车辆、马和骆驼的使用、马配上轭拉车、修造车辆者手艺的提高（第14、15章），以及造船和航海技术的改进（第16章及第Ⅲ卷），后者可能是最重要的。

的确存在这样一种情况，在一个文明社会中，少数禀赋出众的人为了美术、文学方面的崇高追求可以任意支配社会剩余物品。类似这样使用社会剩余物品的情形，被人们当作了评判这一文明社会的依据。在技术史中，这就导致人们看重美术方面的技巧，例如古希腊黄金时代建筑和雕塑的技巧，以及15世纪意大利绘画艺术和近代科学萌芽的技巧。此外，人们也会强调窗用玻璃和吹制的玻璃制品（第9章）、纸张（第Ⅲ卷）、羊皮纸（边码187起）、印刷术（第Ⅲ卷）以及带图饰织物这样的华贵物品（第Ⅲ卷）给生活带来的愉悦。这样的评判标准不太关注中世纪机械方面的进步，使得转向现代化的时间比这套书所表明的要晚得多。 776

回顾历史，今天有些人会从本卷所考察的历史时期中看到现代工业特有的制造形式的一些萌芽。他们会十分重视冶金术，尤其重视定型钢材和新型铜合金，后者最突出的是黄铜（第2章）。他们也会强调以产业规模生产产品，其中包括不少在今天的工业中占头等重要地位的产品，例如碱、颜料和染料、硝石、明矾、肥皂（第10章）以及酒精（第4章）。

然而，还有一些人认为科学氛围（scientific mood）是否盛行是检验现代文明的标准，因为科学氛围的扩展确定了我们今天的生活道路。因此，他们比较关注古代的精密仪器，关注各种独创的、制作精巧的时间测量器，对星盘的关注程度尤为突出。在他们看来，近代科学的兴起以及其后符合科学的技术（scientific technology）的兴起，都是古代科学的延续。按此观点，现代化可能始于17世纪，这方面问题的探讨就推迟到第Ⅲ卷展开。

所有以上这些及其他很多审视过去的技术的方式都不乏倡导者，每一种方式都写就了不少著作，但呈现于读者面前的《技术史》的观点与众不同。它试图揭示出作者和编者视为不平凡的事实，并按他们所能设想的最佳顺序组合起来，同时又对这部巨著原本需要的纷繁材料进行高度压缩。当他们的任务完成时，各种技术之间以及技术与其所扎根的文化之间的关系就变得更为清晰了。在得出完全明朗的观点之前，必须满足于知道这样一个事实：技术同它们的使用者一样都是相辅相成的，而且我们生活在一个只能极其缓慢地显现出其统一性的世界里。这样说也许刺耳，但这就是科学的方式和方法。

第Ⅱ卷期刊名称缩写

依照世界科学期刊名录建议的方式进行缩略

Abh. Heidelberg. Akad. Wiss., phil. -hist. Kl.	Abhandlungen der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, philosophisch-historische Klasse
Abh. preuss. Akad. Wiss., phil. hist. Kl.	Abhandlungen der preussischen Akademie der Wissenschaften, philosophisch-historische Klasse. Berlin
Ambix	Ambix. Journal of the Society for the Study of Alchemy and Early Chemistry. London
Amer. J. Archaeol.	American Journal of Archaeology. Archaeological Institute of America. Cambridge, Mass.
Amer. Nat.	American Naturalist. Lancaster, Pa.
Amtl. Ber. preuss. Kunstsamml.	Amtliche Berichte aus den Königlichen Kunstsammlungen *in* Jahrbuch der preussischen Kunstsammlungen. Berlin
Ancient Egypt	Ancient Egypt and the East. British School of Egyptian Archaeology. London
Angew. Chem.	Angewandte Chemie. See Z. angew. Chem.
Ann. Archaeol. Anthrop.	Annals of Archaeology and Anthropology. University of Liverpool, Institute of Archaeology. Liverpool
Ann. Inst. Étud. orient.	Annales de l'Institut d'Études orientales. Faculté des Lettres de l'Université d'Alger. Paris
Ann. Lavori pubbl.	Annali dei Lavori pubblici. [Continuation of Giornale del genio civile.] Rome
Ann. Serv. Antiq. Égypte	Annales du Service des Antiquités de l'Égypte. Cairo. (Presses Universitaires de France, Paris)
Annu. Brit. Sch. Athens	Annual of the British School in Athens. London
Antiq. J.	Antiquaries Journal. The Journal of the Society of Antiquaries of London. London
Antiquity	Antiquity A Quarterly Review of Archaeology. Edwards, Newbury, Berks.
Anz. Schweiz. Altertumsk.	Anzeiger für Schweizerische Altertumskunde.

	[Continued as Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte.] Schweizerisches Landesmuseum. Zürich
Arch. Eisenhüttenw.	Archiv für das Eisenhüttenwesen. Fachberichte des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute und des Max-Plank Instituts für Eisenforschung. (Ergänzung zu 'Stahl und Eisen'.) Düsseldorf
Arch. Hyg., Berl.	Archiv für Hygiene (und Bakteriologie). Munich and Berlin
Arch. int. Hist. Sci.	Archives internationales d'Histoire des Sciences. Publication trimestrielle de l'Union Internationale d'Histoire des Sciences. Paris
Archäol. Anz.	Archäologischer Anzeiger. Beiblatt zum Jahrbuch des Deutschen Archäologischen Instituts. Berlin
Archäol. J.	The Archäological Journal. Royal Archaeological Institute of Great Britain and Ireland. London
Archaeol.-kunsthist. medd.	Archaeologisk-Kunsthistoriske Meddelelser. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. Copenhagen
Archaeologia	Archaeologia or Miscellaneous Tracts relating to Antiquity. Society of Antiquaries. London
Athen. Mitt.	Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts in Athen. Berlin
Atti Accad. Archeol. Lett. Arti Napoli	Atti della Accademia di Archeologia, Lettere e Belle Arti. Società Nazionale di Scienze, Lettere ed Arti in Napoli. Naples
Atti Mem. Soc. Magna Grecia	Atti e Memorie della Società Magna Grecia. Rome
Ber. dtsch. Keram. Ges.	Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft. Berlin
Ber. Sächs. Ges. (Akad.) Wiss., phil.-hist. Kl.	Bericht über die Verhandlungen der Königlich Sächsischen Gesellschaft (Akademie) der Wissenschaften zu Leipzig. Philosophisch-historische Klasse
Berks. Archaeol. J.	Berkshire Archaeological Journal. Berkshire Archaeological Society. Reading
Bgham archaeol. Soc. Trans. Proc.	Birmingham Archaeological Society Transactions and Proceedings. Oxford University Press, London
Bibl. Éc. franç. Athènes Rome	Bibliothèque des Écoles françaises d'Athènes et de Rome

Bibl. Éc. haut. Étud.	Bibliothèque de l'École des hautes Études. Paris
Boll. Staz. sper. Pelli Mat. conc.	Bollettino ufficiale. Reale Stazione sperimentale per l'Industria delle Pelli e delle Materie concianti. Naples
Bonn. Jb.	Bonner Jahrbücher des Rheinischen Landesmuseums und des Vereins von Altertumsfreunden im Rheinlande
Brit. numism. J.	British Numismatic Journal and Proceedings of the British Numismatic Society. London
Bull. corr. hell.	Bulletin de Correspondãnce Hellénique. École Française d'Athènes. Paris
Bull. Hist. Med.	Bulletin of the History of Medicine. Johns Hopkins University. Baltimore, Md.
Bull. Metrop. Mus.	Bulletin of the Metropolitan Museum of Art, New York
Bull. Mus. Far East Antiq.	Bulletin of the Museum of Far Eastern Antiquities. Stockholm
Bull. Mus. R. Art Hist.	Bulletin des Musées Royaux d'Art et d'Histoire. Brussels
Bull. N. Y. Acad. Med.	Bulletin of the New York Academy of Medicine. New York
Cah. archéol.	Cahiers archéologiques: Fin de l'Antiquité et Moyen Âge. Paris
Chymia	Chymia. Annual Studies in the History of Chemistry. Philadelphia
Ciba Rev.	Ciba Review. CIBA Limited, Basel
Ciba-Rdsch.	Ciba-Rundschau. CIBA Limited, Basel
Ciba-Z.	Ciba-Zeitschrift. CIBA Limited, Basel
Class. J.	The Classical Journal. Classical Association of the Middle West and South. Chicago
Class. Philol.	Classical Philology: a quarterly journal devoted to research in the languages, literature, history and life of classical antiquity. University of Chicago, Chicago, Ill.
Class. Rev.	Classical Review. Classical Association. Great Britain
Class. Wkly	The Classical Weekly. The Classical Association of the Atlantic States. Pittsburgh, Pa.
Collegium, Haltingen	Collegium. Zentralorgan des Internationalen Vereins der Lederindustrie-Chemiker. Haltingen

C. R. Acad. Sci., Paris	Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences. Paris
Cymmrodor	Y Cymmrodor. Hon. Society of Cymmrodorion. London
Econ. Geol.	Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists. A semi-quarterly journal. New Haven, Conn.
Egypt. Res. Acc. and Brit. Sch. Archaeol. Egypt	Egyptian Research Account and British School of Archaeology in Egypt. British School of Egyptian Archaeology. London
Eurasia Septentrionalis Antiqua	Eurasia Septentrionalis Antiqua. Journal for East European and North-Asiatic archaeology and ethnography. Archaeological Society of Finland. Helsinki
Forsch. Fortschr. dtsch. Wiss.	Forschungen und Fortschritte. Korrespondenzblatt der Deutschen Wissenschaft *und Technik. Berlin*
Gas - u. Wasserfach	Gas- und Wasserfach. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. Munich
Geogr. J.	Geographical Journal. Royal Geographical Society. London
Germania	Germania. Korrespondenzblatt der Römisch-Germanischen Kommission. Deutsches Archäologisches Institut. Berlin
Gesnerus	Gesnerus. Vierteljahrsschrift für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften. Schweizerische Gesellschaft für Geschichte der Medizin und Naturwissenschaften. Zürich
Glass Ind.	Glass (and Ceramic) Industry. Moscow
Glastech. Ber.	Glastechnische Berichte. Frankfurt a. M.
Hammaburg	Hammaburg. Vor - und frühgeschichtliche Forschungen aus dem niederelbischen Raum. Museum für Hamburgische Geschichte und Hamburger Vorgeschichtsverein. Hamburg
Handb. Altertumswiss.	Handbuch der Klassischen Altertumswissenschaft begründet von Iwan von Müller. [Continued as Handbuch der Altertumswissenschaft.]
Hermeneus	Hermeneus. Maandblad voor de antieke Cultuur. Zwolle
Hermes	Hermes. Zeitschrift für Classische Philologie.

Hesperia	Hesperia. Journal of the American School of Classical Studies at Athens
History	History. Journal of the Historical Association. London
Ill. Stud. social Sci.	Illinois Studies in the Social Sciences. Illinois University. Urbana
Iraq	Iraq. British School of Archaeology in Iraq
Isis	Isis. An International Review of the History of Science. History of Science Society, Washington University, U.S.A.
Istanbuler Mitt.	Istanbuler Mitteilungen. Deutsches Archäologisches Institut, Abteilung Istanbul
J. asiat.	Journal asiatique. Paris
J. chem. Educ.	Journal of Chemical Education. Division of Chemical Education of the American Chemical Society. Easton, Pa.
J. Cuneiform Stud.	Journal of Cuneiform Studies. American Schools of Oriental Research. New Haven, Conn.
J. econ. Hist.	The Journal of Economic History. Economic History Association. New York
J. Egypt. Archaeol.	Journal of Egyptian Archaeology. Egypt Exploration Society. London
J. Hell. Stud.	The Journal of Hellenic Studies.Journal of the Society for the Promotion of Hellenic Studies. London
J. Hist. Ideas	Journal of the History of Ideas. A quarterly devoted to cultural and intellectual history. New York
J. R. Anthrop. Inst.	Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland. London
J. R. cent. Asian Soc.	Journal of the Royal Central Asian Society. London
J. R. micr. Soc.	Journal of the Royal Microscopical Society. London
J. R. Soc. Antiq. Ireland	Journal of the Royal Society of Antiquaries of Ireland. Dublin
J. Rom. Stud.	Journal of Roman Studies. Society for the Promotion of Roman Studies. London
J. Soc. Glass Tech.	Journal of the Society of Glass Technology comprising Proceedings and Reports,

	Transactions and Abstracts of Papers from other Journals. Sheffield
Jb. dtsch. Archäol. Inst.	Jahrbuch des Deutschen Archäologischen Instituts. Berlin
Jb. kunsthist. Samml. Allerh. Kaiserhaus.	Jahrbuch der Kunsthistorischen Sammlungen des Allerhöchsten kaiserhauses. Vienna
Jh. Öst. Archäol. Inst., Wien	Jahreshefte des Österreichischen Archäologischen Instituts. Vienna
K. Vitterhets Hist. Antik. Handl.	Kungl. Vitterhets Historie och Antikvitets Akadmiens Handlingar. Stockholm
Library	The Library. A quarterly review of bibliography. Transactions of the Bibliographical Society, second series. London
Man	Man. A monthly Record of Anthropological Science. Royal Anthropological Institute. London
Med. J. Rec.	Medical Journal and Record. New York
Medd. Lund Univ. Hist.	Meddelanden från Lunds Universitets Historiska Museet in Arsberättelse. Kungliga Humanistiska Vetenskapssamfundet i Lund
Meded. vlaamsche Acad., Kl. Wet.	Mededeelingen van de Koninklijke vlaamsche Academie, Klasse der wetenschappen. Brussels
Mem. Asiat. Soc. Beng.	Memoirs of the (Royal) Asiatic Society of Bengal. Calcutta
Métaux et Civil.	Métaux et Civilisations. Les métaux dans l'histoire, les techniques, les arts. Éditions Métaux, Saint-Germain-en-Laye
Metrop. Mus. Occas. Pap.	Occasional Papers of the Metropolitan Museum of Art. New York
Min. & Metall., N. Y.	Mining and Metallurgy. American Institute of Mining and Metallurgical Engineers. New York
Mitt. Gesch. Med. Naturw.	Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften (und der Technik). Hamburg and Leipzig
Mon. ant.	Monumenti Antichi. Pubblicati per cura della Accademia Nazionale dei Lincei. Rome
Mon. Germ. hist.	Monumenta Germaniae historica.Preussische Akademie der Wissenschaften
Nat. geogr. Mag.	The National Geographic Magazine. National Geographic Society. Washington
Nature	Nature. London

Nature, Paris	La Nature. Revue des sciences et de leurs applications à l'art et à l'industrie. Paris
Norfolk Archaeol.	Norfolk Archaeology. Norfolk and Norwich Archaeological Society. Norwich
Numism. Chron.	The Numismatic Chronicle and Journal of the Royal Numismatic Society. London
Osiris	Osiris. Studies on the history and philosophy of science, and on the history of learning and culture. Bruges
Pat. lat.	Patrologia Latina. Cursus completus patrologiae, ed. by J. P. MIGNE. Series Latina, 221 vols. Paris, 1857–79
Pays Gaumais	Pays Gaumais. Musée Gaumais. Virton, Luxembourg
Philol. Wschr.	Philologische Wochenschrift. Leipzig
Proc. Brit. Acad.	Proceedings of the British Academy. London
Proc. Geol. Ass., Lond.	Proceedings of the Geologists' Association. London
Proc. R. Irish Acad.	Proceedings of the Royal Irish Academy. Dublin
Proc. Soc. Antiq. Lond.	Proceedings of the Society of Antiquaries of London. London
Proc Soc. Antiq. Scotld	Proceedings of the Society of Antiquaries of Scotland. Edinburgh
Quart. Dept. Antiq. Palest.	Quarterly of the Department of Antiquities in Palestine. Government of Palestine. Oxford University Press, London
Quell. Gesch. Naturw.	Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin
Quell. Kunstgesch. Kunsttechn.	Quellenschriften für Kunstgeschichte und Kunsttechnik des Mittelalters und der Renaissance. Ed. by R. EITELBERGER VONEDELBERG, continued by A. ILG et al. Vienna
R. C. Ist. Lombardo Sci Lett.	Rendiconti dell' Istituto Lombardo di Scienze e Lettere. Milan
R. C. Pont. Accad. Archeol.	Atti della Pontificia Accademia Romana di Archeologia. Serie 3: Rendiconti. Rome
Rec. Bucks.	Records of Buckinghamshire. The Journal of the Architectural and Archaeological Society for the County of Buckingham. London and Bedford

Res. Rep. Soc. Antiq.	Reports of the Research Committee of the Society of Antiquaries of London
Rev. archéol.	Revue archéologique fondée en 1844. Presses Universitaires, Paris
Rev. d'Assyriol.	Revue d'Assyriologie et d'Archéologie orientale. Presses Universitaires, Paris
Rev. belge Archéol. Hist. Art	Revue belge d'Archéologie et d'Histoire de l'Art. Académie Royale d'Archéologie de Belgique. Brussels
Rev. Philol.	Revue de Philologie, de Littérature et d'Histoire anciennes. Klincksieck, Paris
Rheinisches Museum.	Rheinisches Museum für Philologie. Frankfurt a. M.
Röm. Mitt.	Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts in Rom. Berlin
Saalburgjb.	Saalburgjahrbuch. Bericht des Saalburgmuseums
S. B. heidelberg. Akad. Wiss., Phil.-hist. Kl.	Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Philosophisch-historische Klasse
Skr. svenska Inst. Rom	Skrifter utgivna av Svenska institutet i Rom. Lund
Speculum	Speculum. A journal of mediaeval studies. Mediaeval Academy of America. Cambridge, Mass.
Stahl u. Eisen, Düsseldorf	Stahl und Eisen. Zeitschrift für das deutsche Eisenhüttenwesen. Verein Deutscher Eisenhüttenleute. Düsseldorf
Studi Etruschi	Studi Etruschi. Istituto di Studi Etruschi ed Italici. Florence
Studi Sardi	Studi Sardi. Reale Università. Istituto per gli Studi Sardi. Cagliari
Surrey archaeol. Coll.	Surrey Archaeological Collections relating to the History and Antiquities of the County. Surrey Archaeological Society. Guildford
Syria	Syria. Revue d'art oriental et d'archéologie. Institut Français d'Archéologie de Beyrouth. Paris
Tech. Stud. fine Arts	Technical Studies in the Field of the Fine Arts. Fogg Art Museum, Harvard University. Cambridge, Mass.
Tech. et Civil.	Techniques et Civilisations. Éditions Métaux, Saint-Germain-en-Laye
Technikgeschichte	Technikgeschichte. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure. Berlin

Trans. Bristol archaeol. Soc.	Transactions of the Bristol and Gloucestershire Archaeological Society. Bristol
Trans. Cumberland Antiq. Soc.	Transactions of the Cumberland and Westmorland Antiquarian and Archaeological Society. Carlisle
Trans. Newcomen Soc.	Transactions. Newcomen Society for the Study of the History of Engineering and Technology. London
Trans. Proc. Amer. philol. Ass.	Transactions and Proceedings of the American Philological Association. University of Wisconsin. Madison, Wis.
Trans. St. Albans and Herts. archit. and archaeol. Soc.	Transactions of the St. Albans and Herts. Architectural and Archaeological Society. St. Albans, Municipal Library
Trans. Soc. Glass Tech.	See J. Soc. Glass Tech.
Trierer Z.	Trierer Zeitschrift für Geschichte und Kunst des Trierer Landes und seiner Nachbargebiete. Rheinisches Landesmuseum. Treves
Umschau	Die Umschau. Halbmonatsschrift über die Fortschritte in Wissenschaft und Technik. Frankfurt a. M.
Wasserkraft, Münch.	Wasserkraft (und Wasserwirtschaft). Munich
Wheat Stud. Stanf. Univ.	Wheat Studies. Food Research Institute, Stanford University. Palo Alto, California
Z. angew. Chem.	Zeitschrift für angewandte Chemie und Zentralblatt für technische Chemie (continued as Angewandte Chemie). Gesellschaft Deutscher Chemiker. Leipzig, now Grünberg, Hesse
Z. Assyriol.	Zeitschrift für Assyriologie und verwandte Gebiete. De Gruyter, Berlin and Leipzig
Z. Ver. dtsch. Ing.	Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure. Düsseldorf



第Ⅱ卷人名索引

以下数字为原著页码，本书边码

其中统治者的日期为其在位时期，并非生卒年

第Ⅱ卷译后记

1997年，我来到拥有当时国内唯一的科学技术史博士点的北京科技大学冶金与材料史研究所攻读博士学位，我的导师柯俊先生就让我读一些科技史的英文原著，其中一本便是查尔斯·辛格等主编的《技术史》(*A History of Technology*)。当时研究所里没有它的原版资料，我读的是韩汝玢和孙淑云两位教授在澳大利亚访问时自费复印的有关采矿、冶金的部分章节。虽然不能阅读全书，但是已经管中窥豹，为其精美的插图和翔实的资料所吸引。随后，我阅读了国内6家大学出版社联合翻译出版的《技术史》第Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ卷的内容，更是憧憬着何时能够拥有完整的中文版。

在20世纪最末几年里，《技术史》一直在北京科技大学科学技术史专业博士生入学考试的参考书目中，起初一两个学生报考时，还能从研究所借到英文版的部分章节复印件阅读。后来随着研究生扩招，需求与供给不能平衡，这套书就不得不从入学考试书单上删掉了。不过我们还是将这套书奉为技术史学习和研究者的圣经，同时更期待着完整《技术史》中译本的早日面世。

2002年1月，清华大学科学技术与社会研究中心主任曾国屏教授约我到沈阳参加《技术史》编译委员会成立的会议，让我知道了东北大学陈昌曙教授、哈尔滨工业大学姜振寰教授等十几年来翻译这一

巨著的心愿和壮举。刚刚留校的我诚惶诚恐地接下了第Ⅱ卷的翻译任务，未念及等待我的将是最不熟悉的从古典时期到中世纪的浩瀚史料，心中只想到《技术史》翻译工作是我这个技术史专业出身者责无旁贷的光荣使命。

接下来的几个寒冬和酷暑，我主要是进行第Ⅱ卷的组织协调和部分章节的翻译工作，并承担着从初稿到终稿的校对、审订工作。北京科技大学冶金与材料史研究所、文法学院的同志们承担了大部分章节的翻译工作，其中的艰辛和磨难恐怕难以用语言表达。这些年间，冶金与材料史研究所逐步发展壮大成了科学技术与文明研究中心，我们共同努力的成果也终于要付印了。在此，我要向我的合作者表示衷心的感谢，没有他们的艰苦努力和共同奋斗，很难想象这一卷的中译本能够收笔。我还要特别感谢我的夫人张雪荣女士，语言大学毕业的她对近半数章节进行了校对，并且时时鼓励和督促我，使第Ⅱ卷的翻译工作得以顺利完成。

第Ⅱ卷初稿的译校工作是由多位同仁共同完成的：前言，潜伟译，李延祥校；第1章，潜伟译，张雪荣校；第2章，黄维译，潜伟校；第3章，颜锋译，潜伟校；第4章，吕科伟译，张雪荣校；第5章，宋琳译，张雪荣校；第6章，颜锋译，潜伟校；第7章，孙雍君、谢鹏飞译，潜伟校；第8章，武玮译，张雪荣校；第9章，周华、黄维译，张雪荣校；第10章，李晓岑、朱霞译，林怡娴校；第11章，林怡娴译，潜伟校；第12章，黄晓娟译，张雪荣校；第13章，梁宏刚、宋玲平译，张雪荣校；第14章，林怡娴译，潜伟校；第15章，颜锋译，潜伟校；第16章，颜锋译，潜伟校；第17章，宋琳译，潜伟校；第18章，宋琳译，潜伟校；第19章，宋琳译，潜伟校；第20章，杨军昌译，张雪荣校；第21章，王金华译，张雪荣校；结语，彭益君译，孙雍君校；图版说明，林怡娴译，潜伟校；林怡娴补译、校对了全文的插图和注释。

《技术史》七卷本终于在 2004 年 12 月由上海科技教育出版社正式出版了。第Ⅱ卷的责任编辑孙肖平付出了艰辛的劳动，在此我要表示诚挚的谢意。洪星范编辑在组稿过程中让我不敢懈怠，潘涛副总编辑也非常关注这一卷的工作，在此也要表达我对他们的衷心感谢。上海科学技术出版社的张悌先生也为本卷的翻译出版提供了许多帮助，谨表谢意。

《技术史》七卷本出版后，在学界和社会上引起了巨大反响，很快售罄，再版的呼声很高。2018 年 4 月，中国工人出版社董虹编辑找到我，我愉快地接受了再版重译的邀请。2019 年 6 月，《技术史》全译本编译委员会会议在京召开，决定增加第Ⅷ卷索引卷，《技术史》将首次完整在中国出现。我担任《技术史》全译本第Ⅱ卷的重译工作，除了修改部分错译漏译地方，基本保持了原书的风貌，终于在 2019 年 10 月交稿。在此过程中，中国工人出版社邢璐担任第Ⅱ卷的责任编辑，不仅帮助我修改了许多不应该犯的错误，还将文字润色得更加平顺优美，并时时催促进度，使重译稿能够顺利完成。在此，对中国工人出版社的编辑团队致以深切谢意。

《技术史》全译本第Ⅱ卷付印在即，作为本卷组织者的我仍然忐忑不安，时常担心自己才疏学浅辱没了这部书之皇皇美名。让我们再次以虔诚之心领略这部历史巨著吧！

潜伟

2020 年 11 月于北京芳清园